

**UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA**  
**DE ALIMENTOS**

**Caroline Balensiefer Vicenzi**

**Redução de sódio em snacks extrusados: um estudo baseado no  
consumidor**

**Passo Fundo**  
**2021**

**Caroline Balensiefer Vicenzi**  
**Bacharel em Engenharia de Alimentos**

**Redução de sódio em snacks extrusados: um estudo baseado no  
consumidor**

Dissertação apresentada como um dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Luciane Maria Colla

Co-orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Janine Fleith de Medeiros

Linha de pesquisa: Qualidade e propriedades funcionais de alimentos.

**Passo Fundo**

**2021**

## CIP – Catalogação na Publicação

---

V633r Vicenzi, Caroline Balensiefer  
Redução de sódio em snacks extrusados [recurso eletrônico]: um estudo baseado no consumidor / Caroline Balensiefer Vicenzi. – 2021.  
2 MB ; PDF.

Orientadora: Profª. Dra. Luciane Maria Colla.  
Coorientadora: Profª. Dra. Janine Fleith de Medeiros.  
Dissertação (Mestrado em Ciências e Tecnologia de Alimentos) – Universidade de Passo Fundo, 2021.

1. Alimentos – Teor de sódio. 2. Alimentos – Avaliação sensorial. 3. Satisfação do consumidor. 4. Paladar – Adaptação. I. Colla, Luciane Maria, orientadora. II. Medeiros, Janine Fleith de, coorientadora. III. Título.

CDU: 613.2

---

Catálogo: Bibliotecária Juliana Langaro Silveira - CRB 10/2427

UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO  
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE  
ALIMENTOS

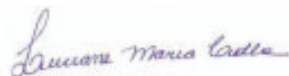
A comissão examinadora, abaixo assinada, aprova a Dissertação de Mestrado

“Redução de sódio em snacks extrusados: um estudo baseado no consumidor”

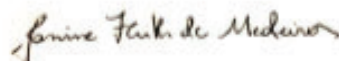
Elaborada por  
Caroline Balensiefer Vicenzi

Como requisito parcial para a obtenção do grau de  
Mestra em Ciência e Tecnologia de Alimentos

Comissão Examinadora



Luciane Maria Colla, Dra., UPF  
(Orientador/Presidente)



Janine Fleith de Medeiros, Dra., UPF



Christian Oliveira Reinehr, Dr., UPF



Janaina F. de Medeiros Burkert, Dra., Furg

Passo Fundo, RS, Brasil  
2021

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus por me iluminar e permitir concluir mais uma etapa na minha vida.

Agradeço ao meu esposo, José Lucas Tiepo, pelo incentivo, força, carinho e paciência durante este processo.

Agradeço à minha família, base fundamental, pela força, confiança, apoio e incentivo em mim depositados para a conclusão de mais uma etapa e por estarem presentes em todos os momentos.

Agradeço a minha orientadora prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Luciane Maria Colla e à minha co-orientadora Janine Fleith de Medeiros, pela oportunidade, pela paciência, disponibilidade, pela orientação científica, incentivo e por mostrarem o melhor caminho durante esses anos.

Agradeço aos colegas do laboratório de Cereais, em especial a Bárbara Biduski e Tania Soster, que não mediram esforços durante as etapas deste projeto, pela ajuda, pelos ensinamentos, disponibilidade e amizade durante esses anos.

Agradeço aos consumidores que dedicaram seu tempo e atenção para responder aos formulários e participar da pesquisa.

Agradeço aos meus colegas/amigos da turma do mestrado por dividir momentos de alegrias e de dificuldades, pela união e apoio.

Agradeço à empresa Temabi Alimentos, pela disponibilidade de equipamentos e seu gerente de produção, Paulo Polli, que não mediu esforços para que os experimentos fossem realizados.

Agradeço a Universidade de Passo Fundo, em especial, o Programa de Pós Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, o curso de Engenharia de alimentos, professores, alunos e funcionários, pela amizade, apoio e por todo o suporte fornecidos para a realização deste trabalho.

*“As pessoas dizem frequentemente que a motivação não dura. Bem, nem o banho - e é por isso que ele é recomendado diariamente.”  
(Zig Ziglar)”*.

## RESUMO

A relação entre a incidência de doenças crônicas e a ingestão elevada de sódio tem levado as organizações e governos em todo o mundo a incentivar a indústria de alimentos a reduzir sódio em alimentos processados, como os snacks extrusados de milho. Como resultado, diferentes estratégias para a redução de sódio têm sido investigadas, com pouca eficácia na manutenção da aceitabilidade do consumidor. Uma das estratégias mais efetivas é a adaptação do paladar através da redução gradual de sódio. Nesta estratégia, a análise sensorial com consumidores é uma ferramenta de extrema importância. Neste contexto, o presente trabalho teve como objetivo o desenvolvimento e validação de uma metodologia para adaptação do paladar com a redução de sódio. Cento e quatro (104) consumidores foram selecionados para participar da pesquisa e responderam a um questionário online envolvendo dados sociodemográficos e hábitos de consumo de sódio. Baseado nas respostas desse questionário, os snacks produzidos foram sabor de queijo e formato lua. Os consumidores receberam ao longo de 4 quinzenas duas formulações por quinzena e realizaram o teste de comparação pareada, aceitabilidade e CATA. O fator de redução de sódio foi de 5% a cada quinzena, apenas na última quinzena, para fins de comparação, foi utilizada formulação inicial e a outra com 15% de redução de sódio. As formulações iniciais e com a máxima redução de sódio (15%) obtida foram submetidas à caracterização físico-química. Dois segmentos de consumidor foram obtidos através da análise de agrupamentos. Um deles com hábitos mais saudáveis (cluster 2), e o outro com hábitos menos saudáveis (cluster 1). O fator de redução de sódio praticado (5%) a cada quinzena foi assertivo, e os consumidores não conseguiram perceber qual era a amostra mais salgada no teste de comparação pareada. Nos dois clusters, a aceitabilidade do atributo sabor se manteve, mesmo com as reduções de sódio ao longo das quinzenas. Não houve correspondência ( $p > 0,05$ ) das formulações com os atributos, permitindo afirmar que não houve diferenças no mapa sensorial das formulações controle com as formulações com maior redução de sódio (15%). A caracterização físico-química demonstrou que a redução de sódio não impactou nem na atividade de água e nem na fraturabilidade. As coordenadas colorimétricas apresentaram diferenças estatísticas, no entanto, visualmente, imperceptíveis. A estratégia de redução gradual de sódio é eficaz, porém ressalta-se a importância de avaliar separadamente os segmentos do consumidor-alvo. Os resultados obtidos neste estudo contribuem para o avanço da ciência sensorial e do consumidor.

**Palavras-chave:** Análise sensorial. CATA. Cloreto de sódio. Adaptação do paladar.

## ABSTRACT

The relationship between the incidence of chronic diseases and high sodium intake has led associations and governments around the world to encourage the food industry to reduce sodium in processed foods, such as extruded corn snacks. As a result, different strategies for reducing sodium have been investigated, with little effectiveness in maintaining consumer acceptability. One of the most effective policies is to adapt the taste by gradually reducing sodium. In this strategy, a sensory analysis with consumers is an extremely important tool. In this context, the present work aimed to develop and validate a methodology for adapting the taste with sodium reduction. 104 were selected to participate in the research and answered an online questionnaire involving sociodemographic data and sodium consumption habits. Based on the responses to this questionnaire, the snacks found were cheese flavor and moon shape. Consumers received two formulations per fortnight over the course of 4 fortnights and performed the paired comparison, acceptability and CATA test. The sodium reduction factor was 5% every fortnight, only in the last fortnight, for comparison purposes, it was provided initially and the other with 15% sodium reduction. The initial formulations and with the maximum sodium reduction (15%) obtained were subjected to physical-chemical characterization. Two consumer segments were obtained through cluster analysis. One of them with healthier habits (cluster 2), and the other with less healthy habits. The sodium reduction factor used (5%) every fortnight was assertive, and consumers were unable to understand which was the saltiest sample in the paired comparison test. In both clusters, the acceptability of the flavor attribute was maintained, even with sodium reductions over the fortnight. The correspondence analysis was performed, however, the chi-square test did not match ( $p > 0.05$ ) the formulations with the attributes, allowing to state that there were no differences in the sensorial map of the control formulations with the formulations with greater reduction sodium (15%). The necessary physical-chemical characterization that the reduction of sodium had no impact on either water activity or fracture. The colorimetric coordinates dissipated statistics, however, visually, imperceptible. The gradual sodium reduction strategy is effective, but the importance of assessing the segments of the target consumer is emphasized. The results obtained in this study contribute to the advancement of sensory and consumer science.

**Keywords:** Sensory analysis. CATA. Sodium chloride. Adaptation of taste.



## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>11</b>
<b>2. CAPÍTULO 2: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>14</b>
<b>2.1 DOENÇAS CRÔNICAS NÃO TRANSMISSÍVEIS .....</b>	<b>14</b>
<b>2.2 CONSUMO DE SÓDIO .....</b>	<b>14</b>
<b>2.3 INICIATIVAS PÚBLICAS PARA REDUÇÃO DO CONSUMO DE SÓDIO.....</b>	<b>16</b>
<b>2.4 PROPRIEDADES DO SAL NOS ALIMENTOS .....</b>	<b>18</b>
2.4.1 Percepção do sabor salgado.....	18
2.4.2 Outras propriedades do sal nos alimentos .....	24
2.4.2.1 Estabilidade microbiana .....	24
2.4.2.2 Efeitos na textura.....	27
2.4.2.3 Desenvolvimento da cor .....	29
2.4.2.4 Controle da fermentação.....	30
<b>2.5 PROPRIEDADES DO SAL NOS ALIMENTOS .....</b>	<b>32</b>
2.5.1 Adição de substitutos de sódio .....	32
2.5.2 Adição de realçadores .....	34
2.5.3 Otimização da forma física do sal .....	36
2.5.4 Adaptação do paladar através da redução gradual de sódio.....	37
<b>2.6 ESTUDO BASEADO NO CONSUMIDOR .....</b>	<b>40</b>
<b>2.7 ANÁLISE SENSORIAL .....</b>	<b>43</b>
2.7.1 CATA (Check-all-that-apply) .....	44
2.7.1.1 Teoria e implementação .....	44
2.7.1.2 Análise dos dados.....	48
<b>3. CAPÍTULO 3: ARTIGO EXPERIMENTAL .....</b>	<b>49</b>
<b>3.1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>49</b>
<b>3.2 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>51</b>
3.2.1 RECRUTAMENTO E SELEÇÃO DOS CONSUMIDORES .....	52
3.2.2 AVALIAÇÃO “IN HOME” DAS AMOSTRAS REDUZIDAS EM SÓDIO ...	53
3.2.2.1 Definição do teor de sódio inicial das formulações.....	53
3.2.2.2 Produção dos snacks .....	54

	10
3.2.2.3 Redução gradual de sódio.....	54
3.2.2.4 Análise sensorial.....	55
3.2.2.5 Análise dos dados.....	56
3.2.3 AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DAS FORMULAÇÕES.....	56
3.2.3.1 Cor instrumental.....	57
3.2.3.2 Atividade de água.....	57
3.2.3.3 Textura.....	57
<b>3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>57</b>
3.3.1 RECRUTAMENTO E SELEÇÃO DE JULGADORES.....	57
3.3.2 AVALIAÇÃO “IN HOME” DAS AMOSTRAS REDUZIDAS EM SÓDIO.....	64
3.3.3 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DAS FORMULAÇÕES.....	73
<b>3.4 CONCLUSÕES.....</b>	<b>75</b>
<b>4. CONCLUSÕES GERAIS.....</b>	<b>76</b>
<b>APÊNDICES.....</b>	<b>88</b>
<b>APÊNDICE A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE).....</b>	<b>88</b>
<b>APÊNDICE B – FORMULÁRIO DE COLETA DE DADOS SOCIODEMOGRÁFICOS.....</b>	<b>90</b>
<b>APÊNDICE C – FICHA DE TESTE SENSORIAL COMPARAÇÃO PAREADA.....</b>	<b>94</b>
<b>APÊNDICE D – FICHA DE TESTE SENSORIAL DE ACEITABILIDADE E CATA.....</b>	<b>95</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>96</b>

## 1. INTRODUÇÃO

O consumidor está se tornando mais consciente da relação entre hábitos alimentares e a incidência de doenças crônicas, o que tem impulsionado as pesquisas no intuito de reduzir o teor de gordura, açúcar e sódio nos alimentos (AFSHIN et al., 2019). A população brasileira consome, em média, mais de duas vezes o teor de sódio recomendado pela Organização Mundial da Saúde (OMS) e há um grande número de evidências sugerindo que a diminuição da ingestão de sódio pode diminuir a pressão arterial e o risco de desenvolvimento de doenças cardiovasculares (SARNO et al., 2013).

O consumo de alimentos processados vem aumentando nos últimos anos, com destaque para os snacks extrusados de milho (ARES et al., 2018). Com isso, a contribuição dos alimentos processados na ingestão diária de sódio tornou-se preocupante, levando a adoção de políticas públicas para a redução de sódio, como o Plano Nacional de Redução de Sódio. Dados de monitoramento deste Plano revelam que algumas classes de alimentos tiveram resultados excelentes, no entanto, a classe que inclui snacks extrusados de milho apresentaram níveis de sódio elevados, muito superiores ao determinado na meta (BRASIL, 2018). Este dado alerta as entidades governamentais para o não cumprimento da meta até o final de 2020 e, com isso as indústrias estão sendo estimuladas a aplicar estratégias de redução efetivas.

A redução de sódio, assim como a redução de açúcar e gordura, é um desafio tecnológico e industrial. O sódio é um ingrediente que assume múltiplas funções nos alimentos, como por exemplo, aumento da estabilidade microbiana, desenvolvimento da cor, melhorador de textura, controle da taxa de fermentação, melhorador da palatabilidade através do sabor salgado (JOHNSON; SCHUETTE, 2019; DESMOND, VASILOPOULOS, 2019; CAUVAIN, 2019). Na redução de sódio, a estratégia aplicada deve atender a função exercida pelo sódio nas matrizes alimentares.

É importante ressaltar que, na maior parte dos alimentos, o sódio atua na melhoria da palatabilidade através da percepção do sabor salgado (MCCAUGHEY, 2019). Devido a isso, diversas estratégias de substituição e redução de sódio vem sendo testadas, como o emprego de aromas naturais e temperos, adição de realçadores de sabor como glutamato monossódico, extrato de levedura e adição de sais como o cloreto de potássio (RODBOTTEN et al., 2015; SILOW et al., 2016; RIOS-MERA et al., 2019). No entanto, essas estratégias têm sido pouco efetivas no que diz respeito a aceitabilidade do consumidor, que deve ser mantida.

Estudos recentes (ARES et al., 2018; RIIS et al., 2021) comprovam que a adaptação do paladar através da redução gradual de sódio é uma das estratégias emergentes e efetivas para

contribuir com a saúde da população e com as indústrias de alimentos para o alcance da meta. Nesta estratégia, a ciência sensorial é uma ferramenta fundamental para determinar as características sensoriais do produto com atributos relacionados a aparência, ao aroma, sabor e textura que interferem diretamente na aceitação do consumidor.

Aliado a ciência sensorial, conhecer o perfil comportamental e sociodemográfico dos consumidores de snacks extrusados é uma variável relevante para delinear as estratégias, bem como a frequência de redução de sódio, uma vez que, os hábitos entre consumidores de um mesmo produto podem ser heterogêneos levando a estratégias de redução diferentes sem interferir na aceitabilidade do produto final.

A sensibilidade gustativa ao sódio também é um fator a ser considerado para as estratégias de redução uma vez que pode estar diretamente associada ao prazer na alimentação e, conseqüentemente, à quantidade de sal consumido. Quanto mais elevado o teor de sódio na dieta, menor a capacidade de percepção e reconhecimento do sal na dieta. O contrário também é observado para consumos de menores teores de sal. Devido a diversidade de hábitos alimentares dos consumidores, a heterogeneidade do consumidor deve ser considerada na aplicação das estratégias de redução.

A redução de sódio pode ainda interferir no shelf-life do alimento, pois uma das funções do sódio é atuar como agente de estabilidade microbiana, mantendo também as propriedades físico-químicas como cor e textura.

Diante desse contexto, o presente estudo teve como objetivo o desenvolvimento e validação de uma metodologia para adaptação do paladar com a redução de sódio. Para alcançar o objetivo principal, os seguintes objetivos específicos foram delineados:

- a) Caracterizar o público consumidor de snack quanto ao perfil sociodemográfico e o comportamento de consumo de sódio;
- b) Aplicar redução gradual de sódio e avaliar sensorialmente os snacks “in home”;
- c) Analisar as características físico-químicas das formulações reduzidas em sódio.

Neste contexto, a pesquisa enquadra-se na linha de pesquisa de “Qualidade e propriedades funcionais de alimentos”, dentro do projeto de pesquisa “Avaliação e controle de qualidade de alimentos”, do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia da Universidade de Passo Fundo.

Este trabalho está estruturado em 4 capítulos, conforme especificado a seguir:

No Capítulo 1 está apresentada a introdução geral, que relaciona o trabalho com a Linha de Pesquisa do PPGCTA, apresenta objetivos e justificativas e inclui a explicação da organização desta dissertação. O Capítulo 2 contempla uma revisão bibliográfica sobre o

assunto, envolvendo a análise sensorial e as estratégias de redução de sódio que vem sendo utilizadas na indústria, bem como vantagens e desvantagens.

O Capítulo 3 apresenta o artigo experimental elaborado durante a dissertação. No Capítulo 4 são apresentadas as conclusões gerais e as sugestões para trabalhos futuros. Por fim, os apêndices e anexos apresentam informações suplementares como os formulários utilizados durante a aquisição de dados, bem como as produções científicas produzidas durante o período do mestrado, não diretamente ligadas com a dissertação.

## **2. CAPÍTULO 2: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 DOENÇAS CRÔNICAS NÃO TRANSMISSÍVEIS**

As doenças crônicas não transmissíveis (DCNT) são consideradas como as principais causas de morte no Brasil e no mundo. Estima-se que, mundialmente, mais de 60% das mortes ocorram em decorrência das DCNT. No Brasil, essa proporção é ainda maior, sendo que as DCNT contribuíram para a mortalidade em 75,8% dos casos, de acordo com dados do Global Burden of Disease (GBD) do ano 2017 (MALTA et al., 2017). Dentre as enfermidades mais prevalentes, há destaque para doenças do aparelho circulatório relacionadas a níveis elevados de pressão arterial (BRASIL, 2018).

A hipertensão arterial é um problema global de saúde pública. Estima-se que 51% das mortes por doenças cerebrovasculares e 45% das mortes por doenças isquêmicas cardíacas ocorrem devido a níveis de pressão arterial elevados (BRASIL, 2018). O número de casos de hipertensão tem crescido no mundo. Entre 1980 e 2006, houve um aumento de 600 milhões para 1 bilhão de adultos com 25 anos ou mais diagnosticados com esta patologia, representando cerca de 40% da população adulta acima de 25 anos (WHO, 2013).

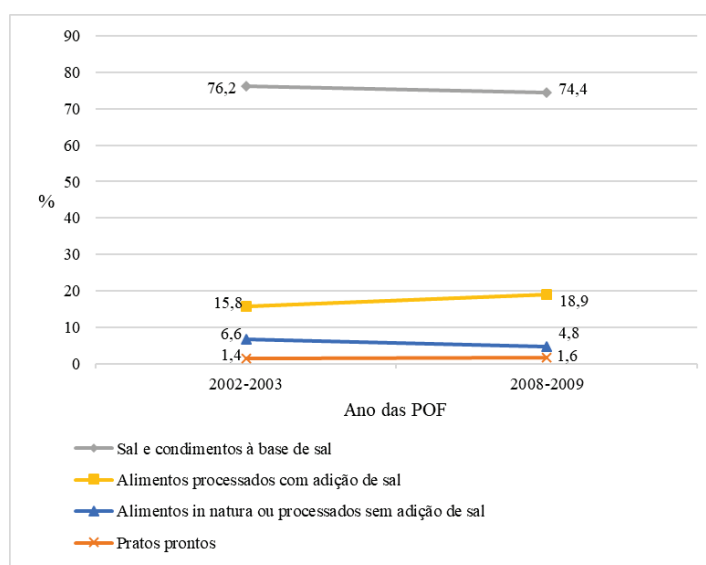
No Brasil, 24,7% dos adultos são diagnosticados com hipertensão arterial (BRASIL, 2018). Este quadro é atribuído a uma série de fatores como o envelhecimento da população, ingestão insuficiente de frutas e hortaliças, consumo excessivo de álcool, inatividade física, estresse e principalmente ao consumo de alimentos que contém elevadas concentrações de gordura e sódio.

### **2.2 CONSUMO DE SÓDIO**

A OMS (Organização Mundial da Saúde) recomenda que o consumo de sódio não ultrapasse 2 g por dia (equivalente a 5 g de sal por dia) (WHO, 2012) para adultos e teores menores para crianças, devido ao aumento do risco de desenvolvimento de doenças cardiovasculares. Entretanto, observa-se que a maioria dos países no mundo apresenta um consumo acima desse limite. A ingestão diária recomendada da OMS para o mineral sódio é de 1,5 g para um adulto diariamente. No Brasil, dados da última pesquisa de orçamentos familiares (POF) 2008-2009 indicam que o consumo médio de sódio é de 4,7 g de sódio por dia, excedendo em mais de duas vezes a ingestão máxima recomendada pela OMS e mais de três vezes a ingestão diária recomendada (IBGE, 2011; SARNO et al., 2013).

Uma das principais origens de ingestão excessiva de sódio pelo brasileiro se deve ao uso do sal de cozinha e condimentos a base de sal que representa 74,4% da disponibilidade domiciliar de sódio no país (SARNO et al., 2013). Este fato deriva da sua utilização para elevar a palatabilidade das preparações, sendo que a mesma diminui à medida que o teor de sal é reduzido, o que torna difícil a adoção desse novo hábito pela população (BEAUCHAMP; STEIN, 2008). Embora o sal de cozinha e condimentos a base de sal seja responsável por mais da metade da ingestão diária de sódio do brasileiro, a contribuição dele reduziu de 76,2% para 74,4%, enquanto que a contribuição dos alimentos processados aumentou na Pesquisa de Orçamentos familiares (POF) de 2008-2009 em comparação a POF 2002-2003, passando de 17,2% para 20,5% (valor obtido pela soma da contribuição dos alimentos processados e de pratos prontos) (Figura 1). Em alguns países desenvolvidos, cerca de 80% de contribuição do sódio da dieta é proveniente de alimentos processados (APPEL; ANDERSON, 2010; GRIMES, CAMPBELL; RIDDELL; NOWSON, 2011).

Figura 1. Contribuição de grupos de alimentos para a disponibilidade domiciliar total, de acordo com as Pesquisas de Orçamentos Familiares (POF). Brasil, 2002-2003 e 2008-2009.



Fonte: Brasil, 2008-2009.

O excesso de sódio na dieta do consumidor brasileiro também está relacionado ao aumento da produção de alimentos processados, a rápida urbanização e a mudança de estilos de vida que estão transformando padrões alimentares. Alimentos altamente processados estão aumentando em disponibilidade e se tornando mais acessíveis economicamente (BIELEMANN et al., 2015). Considerando o aumento da disponibilidade e participação dos alimentos processados e ultraprocessados nos hábitos de consumo domiciliar na população brasileira, é

patente a necessidade de regular e reduzir o teor de sódio desses produtos e esses fatos têm levado o poder público a adotar políticas de redução.

### **2.3 INICIATIVAS PÚBLICAS PARA REDUÇÃO DO CONSUMO DE SÓDIO**

Medidas regulatórias e de controle estão sendo implementadas por alguns países no sentido de diminuir o teor de sódio em produtos e, com isso, contribuir para a redução do consumo de sódio pela população. Alguns exemplos são a Itália, Bélgica, Suécia, Dinamarca, Polônia, Canadá, Turquia e África do Sul que possuem programas de redução de sódio em diversas categorias de alimentos (BANNWART; SILVA; VIDAL, 2014).

O Brasil, a partir de 2007, por meio do Ministério da Saúde, deu início a um acordo voluntário de cooperação com a Associação Brasileira das Indústrias de Alimentação (ABIA) no sentido de reduzir o teor de sódio em alimentos processados de forma gradual (BANNWART, SILVA; VIDAL, 2014). Em 2011 foi firmado o primeiro termo de compromisso entre o Ministério da Saúde e entidades do setor produtivo de alimentos, no qual foram pactuadas metas intermediárias bianuais e meta final de redução do consumo diário per capita de sal para 5g até 2020. O compromisso teve início a partir da seleção de categorias prioritárias de alimentos levando em consideração a contribuição da categoria para a ingestão de sódio (associando consumo do alimento e seu teor de sódio), e também a proteção a grupos vulneráveis, principalmente crianças e adolescentes (ainda mais reforçados pelos resultados do Consumo Pessoal da POF 2008-09).

O primeiro termo do plano incluiu as categorias de alimentos-chave para a redução de sódio como macarrão instantâneo, pão de forma industrializado e bisnaguinha industrializada. O segundo termo de compromisso assinado incluiu o critério de que, ao final dos primeiros quatro anos de pactuação, pelo menos 50% dos produtos das categorias citadas no primeiro termo apresentem teores de sódio menores ou iguais as médias propostas na linha de base de cada categoria, explicitada no primeiro termo. No terceiro termo, a proteção ao público infanto-juvenil foi decisiva na inclusão de mais categorias de alimentos. A POF de 2008-2009 analisou o consumo alimentar pessoal e, com os dados obtidos, foi possível observar quais categorias alimentares são mais consumidas por esse público, bem como identificar que o perfil mais inadequado de consumo está nos adolescentes. Nesse sentido, destaca-se a categoria de snacks, subcategorias incluindo salgadinhos de milho, batatas fritas e batata palha foram contempladas na lista prioritária elaborada pelo Ministério da Saúde. Desde então, outros dois termos foram consolidados incluindo outras categorias de alimentos (BRASIL, 2018).



Além disso, a agenda de redução do sódio está presente no Plano Plurianual da União, no âmbito do fortalecimento do Sistema Único de Saúde (SUS). Ainda, a meta de redução do consumo de sódio encontra-se presente no Plano de Segurança Alimentar e Nutricional, (PLANSAN 2016 – 2019), nele estão previstas as diferentes ações do governo federal. A meta em relação à redução do sódio em alimentos processados faz parte de um dos desafios do Plano que se constitui em promover e proteger a alimentação adequada e saudável, o que inclui as medidas regulatórias e de controle (CAISAN, 2016).

A iniciativa do Brasil, ao estabelecer metas voluntárias com entidades do setor produtivo de alimentos para a redução do teor de sódio nos alimentos processados, constitui uma grande estratégia do estado no enfrentamento às DCNT. Ainda, contribui para promover o Direito humano à alimentação adequada e está consonante com as recomendações da OMS ao trabalhar na redução e prevenção de riscos e agravos à saúde por meio da redução do consumo de sódio.

Os dados do relatório de monitoramento do Plano Nacional de Redução de Sódio em alimentos processados, realizado em 2019, mostram que algumas categorias de produtos apresentaram excelentes resultados na adequação da meta para 2014. No entanto, na categoria de snacks, de todos os produtos e marcas analisadas apenas 47,5% cumpriram a meta estabelecida para o ano de 2014 (852 mg de sódio/100g de produto). A análise estatística demonstrou que não houve diferença significativa com relação aos teores de sódio nos três períodos estudados (2011, 2013, 2017). Em 2017, houve maior concentração de produtos com teor de sódio acima não só da meta de 2014, mas também da meta de 2012 (1090 mg de sódio/100g de produto), o que indica um retrocesso em relação à redução gradual preconizada quando comparado ao último monitoramento (2013). A meta de redução estabelecida no acordo para salgadinhos de milho foi de 15% de redução de sódio a cada biênio da meta até 2020, 523 mg/100g de produto pronto, o que acumularia uma redução necessária de sódio nesses produtos de até 60% (BRASIL, 2018).

Desta forma, a indústria de salgadinhos de milho está sendo estimulada para reduzir o teor de sódio nos produtos, de forma a atender a meta estabelecida até o ano de 2020 e por isso, o desenvolvimento de estratégias de redução efetivas, a curto prazo, é necessário.

## 2.4 PROPRIEDADES DO SAL NOS ALIMENTOS

Nas formulações dos alimentos, alguns ingredientes são adicionados devido aos seus papéis funcionais específicos (por exemplo, sabor, cor, textura, *shelf-life*) que ajudam a definir os atributos sensoriais e de qualidade do produto (CAUVAIN, 2019). Muitos desses ingredientes contêm sódio e contribuem para o alto teor de sódio nos alimentos como, por exemplo, o cloreto de sódio ou sal de “cozinha”. A remoção desses ingredientes como forma de reduzir o sódio tem o potencial de alterar os atributos desejados em vários graus, criando desafios técnicos para cientistas de alimentos enquanto gerencia as expectativas dos consumidores. Os cientistas de alimentos apreciam as contribuições do cloreto de sódio para as características dos alimentos além do sabor (DESMOND; VASILOPOULOS, 2019). A principal função sensorial está ligada a percepção do sabor salgado, mas há mais de uma função tecnológica que precisa ser considerada quando a abordagem é redução de sódio, como por exemplo, o aumento da estabilidade microbiana, desenvolvimento da cor, efeitos na textura, controle da fermentação (CAUVAIN, 2019).

### 2.4.1 Percepção do sabor salgado

Na maioria dos alimentos, o sal, através do cloreto de sódio, é responsável pela melhoria da palatabilidade, através da percepção do sabor salgado que se deve ao sódio presente (MCCAUGHEY, 2019). O sódio é um componente necessário para o funcionamento correto das funções fisiológicas. A falta deste nutriente pode causar sérios problemas e até ser fatal (SILLOW et al., 2016). Devido a esta necessidade de manutenção dos níveis de sódio no organismo, o corpo desenvolveu o processo de reabsorção do sódio no rim e em outros órgãos também (DELOOF; SEZE; MONTEL, 2000; DÖTSCH et al., 2009; BONATO et al., 2016). O sódio é uma substância que o corpo não produz e, para isso, precisa ser repostado através da alimentação. O corpo desenvolveu a capacidade de identificar o sódio quando ingerido. É através do sentido do paladar que a percepção sensorial identifica a salinidade com compostos que contêm sódio. A existência do sabor salgado reforça a importância de regular os níveis de sódio. Quando o sódio é perdido rapidamente devido a eventos como vômitos, perda de eletrólitos ou diarreia, não há grandes armazenamentos de sódio no corpo que possam ser acessadas, como é em realizado para outros minerais, como cálcio. Portanto, é importante para

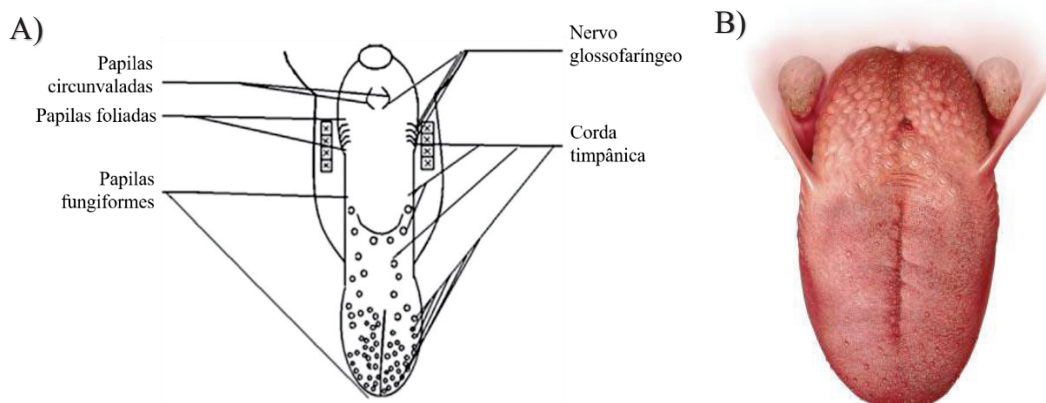
os animais, incluindo humanos, para poder sanar rapidamente os déficits de sódio, e conhecer o sabor salgado de meios externos (MCCAUGHEY, 2019).

Os únicos compostos com sabor salgado para os seres humanos são aqueles que contêm sódio ou lítio, embora outros minerais, como potássio e cálcio, possam ter um pequeno efeito salgado complementar ao gosto principal (VAN DER KLAAUW; SMITH, 1995; TORDOFF, 1996). Entre compostos contendo sódio, o NaCl é o mais salgado e, à medida que o ânion associado se torna maior (Cl, neste caso), a salinidade percebida diminui (SCHIFFMAN et al., 1980).

O sódio possui uma qualidade de sabor distinta dos demais minerais citados, pois o mecanismo de transdução do sabor salgado envolve a passagem deste próprio cátion em canais que propagam o sinal elétrico para o sistema nervoso. O lítio é o único mineral que apresenta identidade química similar ao sódio e pode passar através dos mesmos canais epiteliais que o sódio passa. Os mecanismos de transdução específica para compostos salgados ainda não foram totalmente elucidados em seres humanos, e, por isso, roedores, por apresentarem alta biocompatibilidade, são utilizados como modelo experimental de estudo (MCCAUGHEY, 2019).

A transdução gustativa de NaCl e outros compostos ocorre em toda a cavidade oral, incluindo as papilas gustativas encontradas na língua. Existem três tipos principais de papilas gustativas: fungiforme, foliada e valada (também conhecida como circunvalada). As fungiformes estão concentradas na ponta da língua e também encontrados em outras porções dentro de dois terços anteriores na língua, enquanto os outros dois tipos estão localizados na porção posterior extrema, próxima à entrada do esôfago (Figura 2). Os três tipos de papilas também diferem em suas formas, as foliadas são constituídas por fendas branquiais, as fungiformes de pequenas protuberâncias circulares em forma de cogumelo em seção transversal, e circunvaladas com trincheiras profundas na superfície da língua (SMITH; MARGOLSKEE, 2001).

Figura 2. A) Localizações de diferentes tipos de papilas gustativas na língua de roedores e áreas da língua que está conectada aos ramos dos nervos da corda timpânica e glossofaríngeo, que transmitem informações gustativas da língua para o cérebro. B) Língua humana demonstrando similaridade a língua de roedores.



Fonte: Adaptado de Dana, McCaughey (2015).

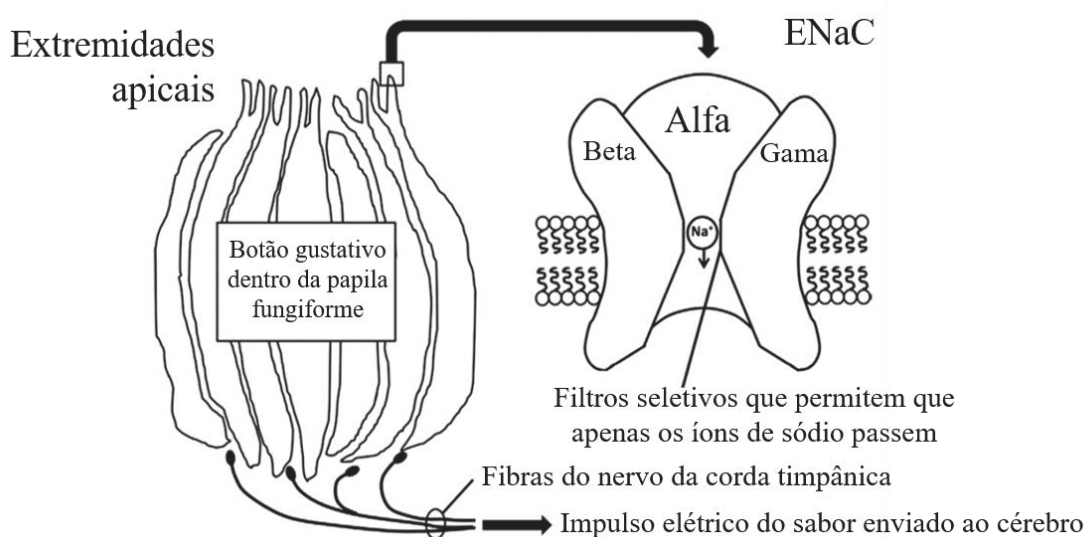
Dentro das papilas estão os botões gustativos (Figura 3). Cada botão contém de 50 a 150 células receptoras do paladar e algumas dessas células são capazes de interagir com soluções gustativas nas extremidades apicais que se projetam na boca (MARGOLSKEE, 1995). Os humanos expressam canais epiteliais de sódio (ENaCs) que permitem seletivamente a passagem de sódio íons no tecido gustativo, com alta similaridade da língua de roedores (Figura 3-a).

Algumas células receptoras do paladar contêm canais os epiteliais de sódio (ENaCs) em suas extremidades apicais. Os ENaCs em papilas fungiformes consistem em até três subunidades funcionais (alfa, beta e gama) (Figura 3). A subunidade alfa é capaz de atuar como um canal funcional por si só, mas a especificidade e condutância são aumentados pela co-expressão com as subunidades beta e gama (KELLENBERGER; SCHILD, 2002). A subunidade alfa é a principal responsável pela seletividade de passagem de íons, o filtro ali presente permite apenas a passagem do íon sódio (ou lítio, o lítio é um metal tóxico, por isso sua ingestão e passagem pelos ENaCs não são consideradas) (ROPER, 2015; LEWANDOWSKI et al., 2016). Este fenômeno de seletividade justifica o desafio tecnológico de substituição do sódio por outros sais, pois acaba reduzindo a percepção do sabor salgado, devido a diminuição na concentração de sódio que passam nos ENaCs.

Quando o sódio é ingerido, flui passivamente em uma concentração gradiente, através dos canais ENaCs (HECK et al., 1984). A entrada de sódio na papila causa diferença de potencial da concentração da membrana do interior da célula receptora em relação a concentração externa, e essa despolarização leva eventualmente à liberação de neurotransmissor para um nervo periférico que transmite um sinal para o cérebro através do

nervo da corda timpânica, identificando o impulso como sabor salgado (Figura 3). Até o momento, não há completo acordo sobre quantas etapas intermediárias estão envolvidas entre despolarização e liberação de neurotransmissores, como os eventos mediados pelos ENaCs com esquemas de classificação de células gustativas ou quantos tipos de células gustativas são envolvidos no processo de percepção do sal (VANDENBEUCH et al., 2008; ROPER, 2015; LEWANDOWSKI et al., 2016).

Figura 3. Representação dos botões gustativos contidos nas papilas fungiformes na ponta da língua que enviam sinais ao cérebro através do nervo da corda timpânica.



Fonte: Adaptado de McGaughey (2019).

No entanto, várias células dentro de um sabor estão envolvidas no processo, portanto uma célula que expressa ENaCs pode iniciar um sinal, que é então transmitido para células através de acoplamento elétrico ou químico, e essas outras células entram em contato com um nervo periférico (LINDEMANN, 1996).

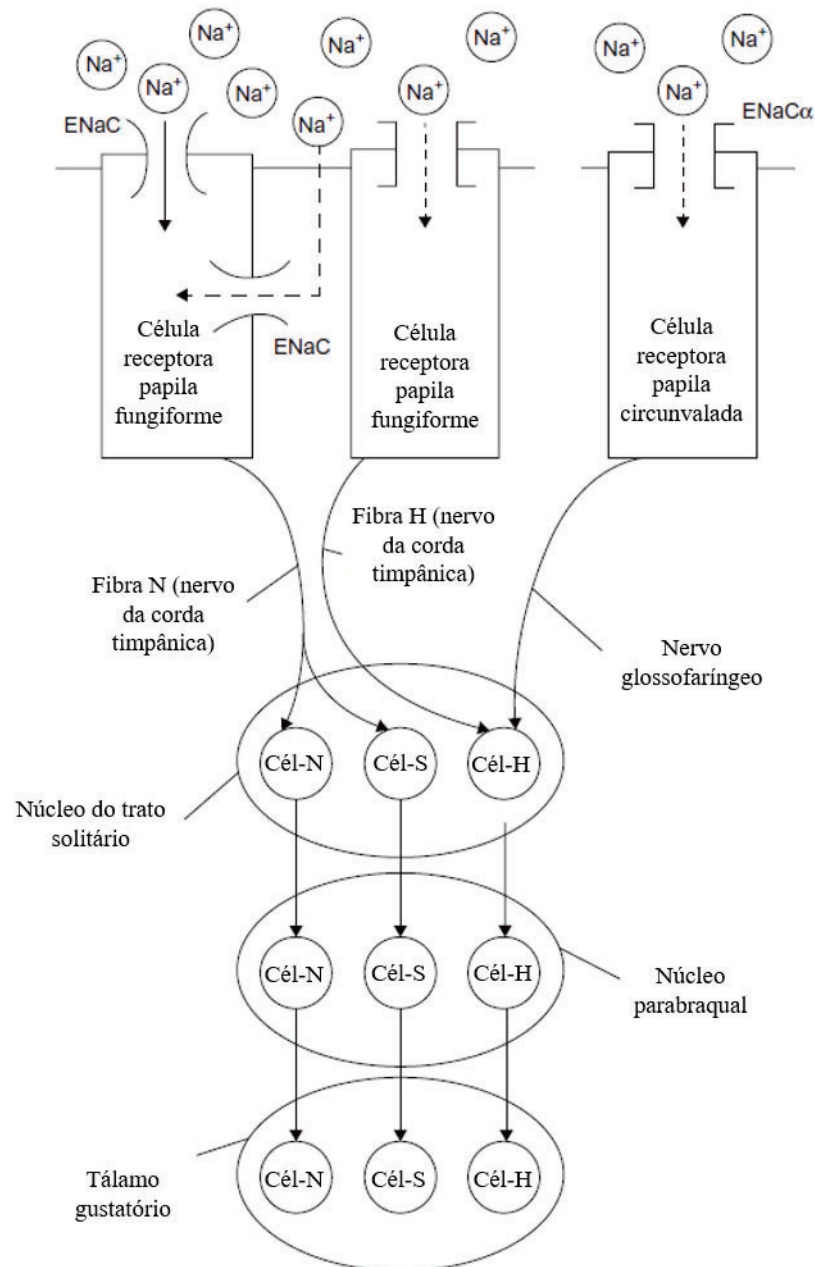
A passagem de sódio pelos canais ENaCs não é exclusivamente responsável pela percepção do sabor salgado de alimentos contendo sódio. Estudos recentes sugerem que outros mecanismos estão envolvidos na transdução de sódio, pois a resposta neural ao NaCl não é bloqueada completamente quando compostos bloqueadores da percepção do sabor salgado, como por exemplo, a amilorida, são aplicados (LEWANDOWSKI et al., 2016).

A proposta é que o sódio também passe por estreitas junções adjacentes entre as células receptoras de sabor dentro de membranas basolaterais aos canais ENaCs. Esses canais basolaterais seriam inacessíveis a amilorida e, portanto, poderia ser responsável por parte da resposta neural de NaCl que permanece após a aplicação da amilorida. Esse mecanismo também

explica porque o NaCl desencadeia uma resposta maior do que outros compostos de sódio. Para que o íon de sódio permeie nas estreitas junções, ele precisa ser acompanhado por seu ânion para preservar a eletroneutralidade; o tamanho pequeno do cloreto permite que ele penetre nas junções facilmente, enquanto que ânions maiores não conseguiriam permear (MCCAUGHEY, 2019). Alternativamente, o NaCl pode diferir de outros compostos de sódio devido à entrada de cloreto nas células receptoras de sabor. Ou seja, o próprio ânion cloreto pode atuar como seu ativador das células gustativas, separadamente do sódio, embora poucos estudos avaliem o efeito dos ânions nas células gustativas (MCCAUGHEY, 2019).

Depois que o NaCl causa a despolarização das células receptoras do paladar, o sinal gustativo é enviado ao cérebro através de ramos de três nervos cranianos: facial, glossofaríngeo e vago (SMITH; FRANK, 1993). Pesquisas indicam ainda que a presença de fibras (fibras N e H) respondem seletivamente a estímulos salgados são encontradas no nervo da corda timpânica, atuando como transportadores do estímulo também. Esses transportadores enviam o estímulo até o núcleo do trato solitário (NTS), onde se encontram três tipos principais de células neurais. As células N respondem principalmente a estímulos salgados, as células S são sensíveis ao sal e ao açúcar e as células que são altamente responsivas a ácidos ou estímulos amargos, além do NaCl, as células H. O próximo passo da percepção gustatória inclui o recebimento do estímulo no núcleo parabraquial e, em seguida o sinal do paladar chega ao último receptor, o tálamo gustativo (DANA; MCGAUGHEY, 2015) (Figura 4).

Figura 4. Representação esquemática resumindo os sinais do paladar ativados pela entrada de sódio.



Fonte: Adaptado de McGaughey (2019).

Portanto, é de suma importância elucidar todas as maneiras das quais células do paladar podem ser afetadas pelo sódio. Além disso, há evidências crescentes que a percepção do paladar em geral, incluindo qualidades de sabor não salgado, é muito menos "linear" do que se supunha originalmente, não há uma cascata de transdução de sabor única (DAMAK et al., 2003; YASUO et al., 2008; MCCAUGHEY, 2019). Pelo contrário, cada gosto composto, incluindo NaCl, provavelmente afeta proteínas detectoras e eventos a jusante como um perfil multifacetado de atividade, e não como uma única cadeia linear de eventos. Embora possa haver apenas um

mecanismo receptor que é específico de sódio e, portanto, necessário para criar o evento perceptivo exclusivo chamado "salinidade", não significa que a ativação desse mecanismo é o único determinante do sabor salgado (MCCAUGHEY, 2019).

## 2.4.2 Outras propriedades do sal nos alimentos

O sal é um aditivo muito versátil e, além do sabor salgado, pode exercer multifunções nos alimentos, contribuindo para o aumento do *shelf-life*, melhoria da textura, o desenvolvimento de cor, controle de fermentação (JOHNSON; SCHUETTE, 2019; DESMOND; VASILOPOULOS, 2019; CAUVAIN, 2019). O desafio na redução de sódio é identificar a função majoritária exercida pelo sódio no alimento e, a partir disso, desenvolver estratégias de redução e/ou substituição adequadas.

### 2.4.2.1 Estabilidade microbiana

Historicamente, o sal foi um dos primeiros ingredientes adicionados aos alimentos para minimizar a atividade de microrganismos deteriorantes e patógenos (DESMOND; VASILOPOULOS, 2019). O cloreto de sódio é um componente de grande importância na conservação e preservação durante o *shelf-life* de alguns alimentos, a uma concentração suficiente, o sal reduz o crescimento microbiano. O principal atributo do NaCl no crescimento e inibição de microrganismos ocorre devido à redução da atividade da água (Aa), através do aumento da pressão osmótica que faz com que a água livre se mova através da membrana celular para fora do microrganismo (INGUGLIA et al., 2017). O mecanismo bacteriostático / bactericida exato do NaCl ainda é motivo de debate. Estudos indicam que o NaCl permeia pela membrana das bactérias ocasionando choque osmótico e consequente desidratação intracelular levando a apoptose imediata ou prolongada pois o microrganismo tenta se recuperar da lesão (SIMPSON, SOFOS, 2009; DESMOND, VASILOPOULOS, 2019).

Além disso, uma vez dentro da célula bacteriana, o NaCl demonstrou ter um efeito tóxico e desnaturante, atuando como um inibidor de enzima e um soluto iônico, perturbando importantes canais na membrana externa (CEBRIÁN et al., 2014). A solução de sal pode ser tóxica ao microrganismo dependendo da concentração e da tolerância que o microrganismo tem pelo sal. O crescimento de algumas bactérias é inibido a baixas concentrações como 2%, mas outras bactérias, leveduras e fungos, são capazes de crescer dentro de uma larga margem de concentrações salinas elevadas, incluindo até o ponto de saturação. Esses microrganismos são



denominados halotolerantes. Alguns microrganismos (halófilos), só podem crescer em meios que contêm concentrações de sal muito elevadas e morrem rapidamente quando são colocados em meios com menos de 10% de cloreto de sódio (DESMOND, VASILOPOULOS, 2019). A desidratação parcial da célula diminui a atividade microbiana e interfere gravemente no ciclo de vida do organismo. O nível de sal necessário para inibir a atividade microbiana é dependente do organismo específico (DOYLE; GLASS, 2009).

A propriedade do sal em manter e até prolongar o *shelf-life* é muito importante em alimentos cuja atividade de água é elevada. Carnes in natura ( $A_a > 0,99$ ) e processadas, pães e bolos ( $A_a > 0,93$ ) são exemplos de alguns alimentos altamente suscetíveis a multiplicação microbiana devido a sua alta atividade de água e, por isso permitem o crescimento imediato de microrganismos (CAUVAIN, 2019; DESMOND; VASILOPOULOS, 2019).

O uso empírico de NaCl levou não apenas à desenvolvimento de novos alimentos, mas também para novas formas de preservação e conveniência. A conveniência e maior estabilidade dos produtos à base de carne são fortemente atribuídas ao aumento dos níveis de NaCl durante a fabricação (LEROY et al., 2013; LEROY; DEGREEF, 2015).

O sal em baixas concentrações faz a carne inchar e reter água, mas em altas concentrações, as proteínas são precipitadas e retém menos água. À medida que a atividade de água ( $A_a$ ) diminui com a incorporação de NaCl, as bactérias demonstram fases lag mais longas ou falham em crescer completamente. Em valores abaixo de 0,90, típico para carnes curadas a seco e fermentadas, bactérias resistentes ao sal pertencentes principalmente aos gêneros *Staphylococcus*, *Micrococcus*, e *Kokuriae* tendem a competir com as leveduras e bolores mais resistentes (SIMPSON; SOFOS, 2009).

A importância do NaCl para a preservação e estabilidade do prazo de validade de produtos à base de carne in natura diminuiu desde a introdução da refrigeração, inovação em tratamentos de embalagem e aquecimento, bem como a pressão das tendências de redução global de sódio. No entanto, em alimentos embutidos ou cozidos como salsicha, salame, copa, o sódio ainda está presente em níveis elevados (BRASIL, 2018). Hoje em dia, o NaCl não é visto como um obstáculo autônomo ao crescimento microbiano, mas é usado junto a sistemas antimicrobianos comuns e novos em preservação e segurança (VASILOPOULOS et al., 2015). Seu papel, no entanto, permanece crítico e seu mecanismo de ação deve ser claramente entendido antes de planejar qualquer substituição por outros ingredientes.

Do ponto de vista da tecnologia da carne, para se beneficiar das características de estabilidade e preservação do NaCl, o conteúdo de sal da fase aquosa do produto deve ser calculado. A concentração total do NaCl aquoso será o fator inibidor da seleção e crescimento

microbiano. Um presunto cozido magro de alta qualidade e uma salsicha cozida (por exemplo, um salsicha tipo frankfurter teor de gordura superior a 24%) com o mesmo teor de NaCl teria diferentes concentrações aquosas de NaCl e exibem diferentes características de inibição. Patógenos gram-negativos como *Escherichia coli* e *Salmonella spp.* são mais sensíveis ao sal comparado a patógenos Gram-positivos como *Staphylococcus aureus* (CEBRIÁN et al., 2014). O controle de *Clostridium botulinum* não proteolítico, uma das principais preocupações das indústrias dos produtos à base de carne curada prontas para o consumo, é alcançado mantendo uma concentração de NaCl igual ou superior a 3,5% (FSA, 2017).

O cloreto de sódio afeta as várias carnes processadas de uma maneira diferente; assim, seu significado no controle da estabilidade do produto varia. Enquanto estiver em um presunto cozido ou um produto emulsionado, o NaCl aumentará a capacidade de retenção de água e solubilizará proteínas da carne. Já em carnes curadas e fermentadas ainda é muito importante a perspectiva microbiológica. A salga é um fator crucial na atividade de cultura inicial e a evolução subsequente da associação microbiana da carne fermentada (MAINAR et al., 2017).

A preservação e o prazo de validade das carnes processadas são de vital importância ao reduzir o teor de NaCl. O papel inibitório do NaCl pode ser substituído por conservantes clássicos usados na indústria de carne, como os sais de ácidos orgânicos. Produtos à base de carne microbiologicamente estáveis podem ser produzidos reduzindo os níveis totais de NaCl em 40% e adicionando misturas de lactato e sais de acetato (DEVLIEGHERE et al., 2009; BARAT; TOLDRA, 2011). Reduzir os níveis de NaCl abaixo daqueles normalmente usados sem nenhum outro conservante para substituir mostrou que a vida útil do produto é reduzida (BOWER et al., 2018).

Em frutos do mar, a salga também tem sido frequentemente usada separadamente ou em combinação com outros processos (secagem ao ar, fumo, marinada e fermentação) para preservar a qualidade e garantir segurança dos frutos do mar, inibindo o crescimento de deterioração e microrganismos patogênicos (PEDRO; NUNES, 2019). O objetivo é obter produtos finais estáveis através da atividade da água (Aa) e reduções de pH, embora tenha sido relatado que o teor de sal no músculo dos peixes melhora a oxidação dos lipídios altamente insaturados. Além disso, a salga também é usada para matar parasitas de peixe. Por exemplo, a imersão de arenque em 21% de salmoura por 10 dias destrói alguns dos parasitas comuns, em particular o verme do arenque (*Anisakis simplex*), mas são necessárias 12 semanas se a concentração de sal for de 5% a 6% (DOYLE, 2003).

Em alimentos assados, o controle da atividade de água também é fundamental para a qualidade do produto e segurança do alimento. Pães e bolos são considerados alimentos de

umidade intermediária variando de 18% a 42% (bolos de 18% a 25% e pão de 35% a 42%). A atividade de água dos produtos, expressa em umidade relativa do equilíbrio (URE), varia de 70% a 95% (bolos de 70% a 88% e pão de 88% a 95%). Com esses teores de umidade e UREs, os produtos assados são suscetíveis a deterioração com o efeito principal decorrente do crescimento de vários fungos, embora bactérias também apresentem crescimento nesta faixa de URE. Quanto menor a URE, mais tempo leva para um produto cozido exibir mofo ou deterioração bacteriana (CAUVAIN; YOUNG, 2008).

A adição de compostos iônicos como o sal possui um efeito profundo no *shelf-life*, prolongando a vida útil do produto sem deterioração. A eficácia do sal em produtos assados pode ser apreciada pela comparação de seus efeitos com os da sacarose, outro aditivo bem conhecido como ingrediente “conservador” (por exemplo, fabricação de geleia). Usando o conceito de "equivalentes de sacarose" (s.e.) desenvolvido por Grover (1947), o sal tem um fator de impacto no alimento 11 em comparação com sacarose, 1 (CAUVAIN; YOUNG, 2008; CAUVAIN, 2019). Isso significa que, para pesos iguais de sal e açúcar, o sal será 11 vezes mais eficaz que a sacarose na estabilidade microbiana.

Muitos dos sais emulsificantes a base de sódio são usados nas pastas de queijo processadas e apresentam um efeito conservante, incluindo os ortofosfatos e polifosfatos. Foi sugerido que o mecanismo inibitório se deve à capacidade do sal emulsificante de sequestrar ferro, magnésio e cálcio (GLASS; DOYLE, 2005). Outro mecanismo potencial é que o polifosfato pode criar canais nas paredes celulares que permitem que os inibidores penetrem na célula e causem lise celular. Outros conservantes, como sorbato de sódio e propionato de sódio, podem ser adicionados para prolongar a vida útil do produto e estão sujeitos a regulamentos e exigências governamentais específicas (CAUVAIN, 2019).

#### 2.4.2.2 Efeitos na textura

O sal exerce efeitos na textura dos alimentos, principalmente em produtos cárneos (BOWER et al., 2018). Uma das principais funções do sódio em carnes processadas é a solubilização das proteínas miofibrilares da carne, ativando-as para aumentar a hidratação e a capacidade de ligação com a água, para melhorar a textura. Em uma revisão abrangente sobre a redução da ingestão de sódio de produtos à base de carne, Ruusunen e Puolanne (2005) se referem a duas hipóteses para explicar o papel do NaCl na ligação da água na carne. A primeira, de Hamm (1972), propôs que os íons  $\text{Cl}^-$  tendem a penetrar nos miofilamentos, causando inchaço, e segundo Offer e Knight (1988) que alegaram que os íons  $\text{Na}^+$  formam uma 'nuvem'

de íons ao redor dos miofilamentos. O efeito do NaCl nas proteínas da carne é provavelmente causado pelo fato de o íon  $\text{Cl}^-$  estar mais fortemente ligado às proteínas do que o íon  $\text{Na}^+$ . Isso causa um aumento nas cargas negativas das proteínas. Hamm (1972) conclui que isso causa repulsão entre as proteínas miofibrilares, o que resulta em um inchaço das miofibrilas devido às repulsões de moléculas individuais. A adsorção de íons  $\text{Cl}^-$  com carga positiva de grupos de miosina resulta em uma mudança do ponto isoelétrico para um pH mais baixo, causando enfraquecimento da interação entre grupos de cargas opostas a um pH maior que o ponto isoelétrico e, portanto, um aumento na capacidade de inchamento e retenção de água (Hamm, 1986). Offer e Knight (1988) baseiam sua hipótese na ligação seletiva do íon  $\text{Cl}^-$  para as proteínas miofibrilares. Segundo esses autores, isso não significa causar uma repulsão acentuada entre os filamentos, mas entre as moléculas de miosina quebrando o eixo do filamento. Isso causa o afrouxamento da rede miofibrilar.

Offer e Trinick (1983) descobriram que as miofibrilas são capazes de inchar a pelo menos duas vezes seu volume original na presença de NaCl, amplamente utilizado na indústria de carne processada. Esses autores também postulam que o NaCl afetará diretamente a força da ligação das cabeças da miosina à actina. Aumentar a concentração de NaCl enfraquece a ligação de actina e miosina. A adição de NaCl também pode levar ao inchaço do miofibrilar proteínas pela liberação de íons  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{Ca}^{2+}$  das proteínas musculares e, portanto, pode ocorrer um afrouxamento da microestrutura do tecido (VARNAM; SUTHERLAND, 1995).

Nas carnes processadas, as proteínas miofibrilares solubilizadas em sal formam um exsudato pegajoso na superfície da carne. Essa camada forma uma matriz de proteína coagulada pelo calor, que retém água livre e une os pedaços de carne. Em produtos finamente picados ou emulsionados como salsichas, bolonhesa, etc. a proteína solubilizada na fase contínua forma uma película proteica em torno dos glóbulos de gordura, retendo-a durante o cozimento (MONAHAN; TROY, 1997). Como pode ser visto, por seus efeitos na adesão de carne, na retenção de gordura e na capacidade de ligação da água, o NaCl é crítico para a textura dos produtos à base de carne processada (DESMOND; VASILOPOULOS, 2019). Essas propriedades são aplicadas em produtos como as emulsões das salsichas em que a natureza fibrosa da carne diminui e o produto se torna caracteristicamente mais gelatinoso ou emborrachado. Em produtos mais grossos, como hambúrgueres, o resultado é um produto que mantém sua forma durante cozinhar, mas mantém uma textura fibrosa friável ao comer (HUTTON, 2002).

Uma redução no teor de NaCl em mais de 20% (<2,0%) resultou em salsichas com menor estabilidade da emulsão e aumento das perdas de cozimento. Os produtos obtidos com

redução de sódio eram inaceitáveis, pois tinham uma textura macia (DESMOND; VASILOPOULOS, 2019). O aumento da rigidez de salsichas com o aumento do NaCl indicou que houve maior solubilização das proteínas nos níveis mais altos de NaCl.

Em produtos musculares inteiros, como presuntos cozidos, NaCl e fosfato contribuem à ruptura das fibras musculares causadas pela massagem, solubilização das proteínas miofibrilares e a produção de um exsudato rico em proteínas solubilizadas. Theno et al. (1978) mostraram que o NaCl e fosfato aumentaram drasticamente a qualidade da ligação e do produto em presunto formados usando microscopia óptica. Ao teor de 1% de NaCl sozinho, os presuntos não exibem características aceitáveis. As junções entre os pedaços de carne não mostraram evidência de alinhamento de proteínas e consistia principalmente de fragmentos de gordura e células. A adição de fosfato a 0,5% no nível de NaCl a 1% melhorou a ligação a níveis aceitáveis após 4 h de mistura contínua. No nível de 2%, várias horas de mistura foram realizadas antes do produto exibir ligação aceitável. Grandes quantidades de proteínas foram solubilizadas durante o processamento quando níveis de NaCl a 2% e fosfato a 0,5% foram adicionados. Aumentar a concentração de NaCl para 3% facilitou ainda mais a extração de proteínas. Ruusunen et al. (2001) relataram que o presunto cozido com níveis de NaCl adicionados abaixo de 1,4% teve maiores perdas de cozimento.

Desmond e Vasilopoulos (2019) apontam que em produtos com baixo teor de NaCl e alto teor de quantidade de água adicionada, é necessário adicionar proteína extra ou outros ingredientes funcionais para aumentar o rendimento. Ruusunen et al. (2002) encontraram níveis de NaCl entre 1,3% e 1,7% sem efeito em perdas de cozimento. Entretanto, o maior nível de NaCl aumentou a capacidade de ligação com água, em particular combinação com uma mistura de fosfato de potássio.

Reduzir o teor de NaCl de presuntos cozidos, reduzindo a salmoura, mantendo a tecnologia de fabricação inalterada, leva a um claro aumento das perdas de cozimento, o que resulta em um produto antieconômico e mais seco (MULLER, 1991). Reduções adicionais afetariam qualidade do produto e, portanto, exigiria outras medidas, como otimização tecnológica ou a substituição de NaCl por outros ingredientes funcionais (DESMOND; VASILOPOULOS, 2019).

#### *2.4.2.3 Desenvolvimento da cor*

Em cereais matinais, por exemplo, o sal é adicionado para ajudar a trazer sabor salgado e mascarar a amargura de grãos integrais e outros ingredientes usados. O sal também afeta as reações de escurecimento como caramelização e Maillard, que influenciam a cor.

A presença de sal nas formulações de cereais ajuda a desenvolver a cor e sabor durante extrusão aquecida ou processo de secagem e tostagem da produção de cereais. A reação complexa de Maillard envolve uma condensação reação entre um aminoácido livre (por exemplo, lisina ou aminoácido terminal) e um açúcar redutor, o que resulta em produtos altamente aromáticos e de cor mais escura (BOUVIER; CAMPANELLA, 2001). Considerando as condições de processamento e formulação, não enzimático as reações de escurecimento dependem da temperatura, tempo de aquecimento, teor de umidade, atividade da água, pH e tipo de açúcar redutor e aminoácidos no cereal. O papel do teor de umidade ou da atividade da água (Aa) no escurecimento não enzimático é dissolver reagentes, o que ajuda na mobilidade. Sabe-se que o sal afeta a atividade de água, que afeta a reação de Maillard. Lajoie et al. (1996) observaram um aumento na formação da cor marrom e uma diminuição em açúcares simples à medida que o sal aumentou nas formulações.

O efeito do sal nas reações de escurecimento não enzimático também pode estar relacionado ao fato dele atuar como plastificante nos sistemas de amido (MOREAU et al., 2009). Teorias anteriores sugerem que o sal reduz a temperatura de transição vítrea dos sistemas de amido (FARAHNAKY et al., 2009). Outra teoria propôs que o sal, devido a sua higroscopicidade, retém mais água durante a cocção dos cereais, o que ajuda na mobilidade dos reagentes e prolonga a reação de escurecimento (MOREAU et al., 2009). Taylor et al. (2010) examinaram um sistema de amido de milho pré-gelatinizado para observar o efeito higroscópico do sal durante o cozimento de um cereal e não encontraram relação entre os níveis de sal e a retenção de água.

#### *2.4.2.4 Controle da fermentação*

Na fabricação de pão e outros produtos fermentados, há o desenvolvimento de uma rede extensível de glúten na massa, que é uma característica essencial do processo. O desenvolvimento do glúten e hidratação das proteínas ocorre na presença de uma solução de salmoura. A natureza iônica do sal presente faz com que ele se combine facilmente com a molécula de água dipolo (CAUVAIN; YOUNG, 2008) e, como tal, restringirá a disponibilidade de água para o desenvolvimento de uma estrutura de glúten uniforme. Isso pode ser visto como mudanças na reologia da massa com níveis crescentes de adição de sal (LINKO et al., 1984;

MILLER; HOSENEY, 2008). A força do glúten aumenta com a densidade de carga do íon metálico (BELTON, 2012), o que significa que o cloreto de sódio tem um efeito mais significativo do que cloreto de potássio (menor densidade de carga), um fator que afeta as escolhas para redução de sódio na panificação.

O sal contribui para o desenvolvimento da massa, então é razoável supor que uma redução no teor de sal de formulações não produza um resultado tecnológico igual às formulações sem redução. A natureza altamente solúvel do sal permite que ele seja incorporado rapidamente nos últimos minutos da mistura da massa quando, apesar de sua afinidade pela água, sua adição é incapaz de "desfazer" o desenvolvimento de glúten na massa, em qualquer extensão significativa (SILLOW et al., 2016).

O sal desempenha um papel no desenvolvimento da rede de glúten e estrutura de massa, como tal, é conhecido por contribuir para a retenção de gás na massa e reduções no teor de sal tendem a tornar a massa do produto mais pegajosa (CAUVAIN, 2019). Em contraste com isso, um estudo de Beck et al. (2012) relataram que um nível reduzido de NaCl na massa mudou a estrutura da rede de proteínas de glúten com filamentos de proteínas mais alongadas e proteínas menos ligadas entre si, causando enfraquecimento da rede de glúten. Em receitas de pão com açúcar, as reduções de sal terão inevitavelmente um impacto sobre os processos associados à panificação, bem como alterar o perfil de sabor de tais produtos (CAUVAIN, 2019). Silow et al. (2016) sugeriram que cloreto de sódio retarda a hidratação do glúten e aumenta assim o tempo de mistura da massa.

O impacto do sal na fermentação de leveduras é bem conhecido (CAUVAIN, 2015) e tem sido explorada por muitos anos na formulação de pão e outros produtos, equilibrando os níveis desses dois principais ingredientes funcionais. Uma diminuição no nível de sal adicionado leva a um aumento na produção de gás pelo fermento. Isto ocorre devido à diminuição da pressão osmótica e o potencial eletroquímico dos íons cloreto e sódio na membrana da levedura (MATZ, 1992). Esse efeito é crítico nos processos de fermentação rápida, como é o caso de padarias modernas. Em particular, a maioria das padarias trabalha com um tempo de prova "fixo", ou seja, um tempo fixo de período de fermentação após a moldagem dos pedaços de massa e antes de serem levados ao forneamento. Este período é importante na panificação, pois permite o aumento do volume da massa, o que, juntamente com a modificação do processo reológico e as propriedades da rede de glúten desenvolvidas, permite que a massa se expanda de maneira mais uniforme durante o processo de cozimento no forno (CAUVAIN, 2019). Quanto maior o teor de sal adicionado à receita, maior o tempo de prova necessário para o fermento produzir o nível necessário de gás para atingir o volume desejado. É importante

ressaltar que o tempo de prova deve ser adaptado sempre que o teor de sal é alterado (SILLOW et al., 2016).

Lynch et al. (2009) observaram um aumento significativo na altura máxima da massa à medida que o nível de sal diminuiu. Ao mesmo tempo, um aumento no volume total de gás (CO<sub>2</sub>) liberado foi observado usando um reofermentômetro, indicando um enfraquecimento da rede de glúten à medida que o nível de NaCl foi reduzido. Um alongamento contínuo das células gasosas da massa de maneira biaxial causa maior desenvolvimento e endurecimento da rede de glúten enquanto o volume específico aumenta (SILLOW et al., 2016).

O impacto do sal na reologia da massa é mais visível com métodos de mistura mais lentos e especialmente se a mistura for realizada manualmente. Os efeitos da redução de sal são também mais facilmente observados com os métodos de panificação que utilizam períodos de fermentação antes da massa a granel ser dividida em partes unitárias (CAUVAIN, 2019).

## **2.5 PROPRIEDADES DO SAL NOS ALIMENTOS**

Os consumidores estão mais preocupados com o teor de sódio em seus alimentos, mas se recusam a comprometer o sabor em prol da saúde. Portanto, a indústria tem como objetivo projetar ingredientes e estratégias para redução de sódio que atendam a essas necessidades, mantendo o consumidor satisfeito. Inúmeras estratégias diferentes foram propostas para reduzir o teor de cloreto de sódio dos alimentos. Métodos para resolver o problema tecnológico, problemas sensoriais e de *shelf-life* associados à remoção de cloreto de sódio foram desenvolvidos (SILLOW et al., 2016). No entanto, grande parte das estratégias de redução desenvolvidas não são tão eficazes, devido à alta especificidade do sódio para entrada nos canais epiteliais de sódio (ENaCs) e consequente percepção do sabor salgado (MCGAUGHEY, 2019).

### **2.5.1 Adição de substitutos de sódio**

Uma das estratégias empregadas para melhorar a palatabilidade de alimentos com teor de sódio reduzido é através da substituição de ingredientes. Há uma grande variedade de substitutos atualmente em uso na indústria de alimentos, onde sua ação é replicar o papel do sal sem interferir nas propriedades organolépticas dos produtos. O sabor obtido depende não apenas do tipo de substituto utilizado, mas também do tipo de alimento e sua formulação (FELLENDORF et al., 2016).



O substituto de sal mais usado é o cloreto de potássio, embora outras alternativas, como cloreto de cálcio, cloreto de magnésio ou sulfato de magnésio também foram propostos (KAUR et al., 2011). Considerando o sabor metálico amargo do KCl, vários estudos avaliaram os níveis dos quais o sal pode ser substituído por KCl nos alimentos resumidos brevemente por Quilez e Salas-Salvador (2012). Mueller et al. (2016) demonstraram, para a massa de pizza, a possibilidade de substituição de 30% do cloreto de sódio por KCl sem uma perda perceptível de sabor salgado. Os testes de vida útil de pão revelaram atividade antifúngica semelhante, quando o sal foi substituído até 30% por uma mistura de vários substitutos do sal (SAMAPUNDO et al., 2010).

Tradicionalmente, as estratégias de redução de sódio nas carnes processadas envolvem principalmente a substituição de NaCl por outras misturas de sal cloreto, principalmente KCl, MgCl<sub>2</sub> e CaCl<sub>2</sub>, sendo o KCl o substituto mais difundido do NaCl. A maioria dos pesquisadores tende a concluir que quando o KCl substitui o NaCl em igual molaridade, a estabilidade microbiana do produto à base de carne permanece inalterado (ANASTASIADI; LAMBERT, 2017). Isso ocorre porque os efeitos osmóticos e polares estão relacionados com a molaridade dos sais (CAUVAIN, 2019). Contudo, mesmo a substituição parcial de NaCl com KCl geralmente tem consequências negativas no sabor e textura do produto (INGUGLIA et al., 2017).

A substituição de 30% de NaCl por KCl resulta características reológicas, organolépticas e de aceitabilidade do produto sem nenhum risco relacionado à saúde. O uso muito limitado de outros sais minerais é recomendado devido a problemas de saúde humana, aceitabilidade do produto e prazo de validade (ISRAR et al., 2016).

Em um estudo realizado com carne de porco seca espanhola, a presença de KCl, CaCl<sub>2</sub> e MgCl<sub>2</sub> aumentou a contagem de leveduras e uma mistura 50/50 NaCl e KCl aumentaram os valores microbianos totais em comparação ao controle com 100% de NaCl (LORENZO et al., 2015).

Alimentos como salsichas ou carnes delicatessen são produtos em que a redução no teor de sódio foi obtida com sucesso. Nesses produtos, as funções estruturais das proteínas solúveis em sal foram substituídas pela adição de proteínas de soja ou leite, gomas e amidos (FELLENDORF et al., 2016; DESMOND; VASILOPOULOS, 2019).

Cloreto de potássio, lactatos de sódio e cálcio parecem ser igualmente eficazes no controle do crescimento de bactérias em produtos de carne embalados. O lactato de sódio é extensivamente usado para controle de *Listeria* e extensão do prazo de validade em produtos à base de carne e é o segundo maior contribuinte ao sódio conteúdo após a cura do sal. Nesse

caso, o lactato de potássio é uma alternativa adequada para aplicações com baixo teor de sódio, porque possui funções estruturais semelhantes e controle bacteriostático (ISRAR et al., 2016). O lactato de potássio exibe propriedades antimicrobianas contra *C. botulinum*, *Staphylococcus aureus* e *L. monocytogenes*. Além disso, tem um efeito positivo na capacidade de retenção de água que pode resultar em um maior rendimento de cozimento e uma textura melhorada para o produto cozido (STEKELENBURG, 2003).

Estratégias de redução associadas também podem ser empregadas para maximizar a redução do teor de sódio, sem interferir na aceitabilidade do consumidor. Um estudo apresentado por Santos et al. (2014) onde salsichas cozidas fermentadas foram produzidas substituindo NaCl a 50% e 75% por KCl, mostraram que a adição de glutamato monossódico, inosinato dissódico, guanilato dissódico, lisina e taurina, mascaravam o sabor desagradável causado pela redução no teor de sódio.

A principal limitação para o uso do sal substituto mais comum é o sabor metálico causado pelo KCl. Além disso, preocupações surgem sobre os riscos associados a uma maior carga de potássio, especialmente para aqueles afetados por condições como: diabetes tipo I, doença renal e insuficiência adrenal (KHAW; BARRETT-CONNOR, 1984).

### **2.5.2 Adição de realçadores**

Uma variedade de ingredientes é relatada atuar como realçadores de cloreto de sódio, como aminoácidos, glutamato monossódico, proteína vegetal hidrolisada, lactatos, leveduras, ingredientes à base de soja, nucleotídeos e outros aromas (NAKAGAWA et al., 2014). Realçadores de sal são substâncias que não têm um sal por si mesmas, mas melhoram o sabor salgado de sódio quando usadas em combinação com cloreto de sódio. Os intensificadores de sabor ativam os receptores de sabor na boca e na garganta, o que ajuda a compensar a redução de sal e melhora o sabor (SILLOW et al., 2016).

A combinação de glutamato monossódico (produto sintético obtido da fermentação do melado) e nucleotídeos (produto sintético obtido por fermentação natural do amido de tapioca) também pode ser usada como intensificador de sabor porque nucleotídeos têm efeito sinérgico com glutamatos (ISRAR et al., 2016). O glutamato monossódico sozinho pode melhorar a salinidade do produto, mesmo em baixa concentração, mas seu uso é limitado devido a alguns fatores relacionados problemas de saúde como hiperatividade, enxaqueca e liberação de sódio extra (KILCAST; DEN RIDDER, 2007). A utilização do glutamato de di-cálcio como

alternativa ao monossódico foi relatado que o glutamato aumenta o sabor umami e salgado (CARTER et al., 2011).

Jimenez-Maroto et al. (2013) investigaram propriedades de sabor e textura do pão branco contendo 10-50% menos sódio e o sal foi substituído por ingrediente fermentado de soja, realçador de sabor em níveis de 25%, 50% e 100%. Eles observaram aumento da percepção de sabor sugerindo que o sal pode ser efetivamente reduzido em até 40%, substituindo-o pelo sabor realçador. Foi realizada análise para avaliar a aceitação do consumidor, que mostrou que a substituição de sal a 25% pelo intensificador de sabor natural não afeta o gosto geral do pão, mas aumenta os níveis podem influenciar a cor (foi observada uma cor mais escura da crosta e da migalha com maior substituição níveis).

Kremer et al. (2013) avaliaram a estabilidade do sabor do pão reformulado com molho de soja fermentada. Foram preparadas amostras de pão com sal comum e sal substituído com molho de soja e fornecido a 56 e 59 consumidores, respectivamente, dentro de três semanas. Um aumento na aceitabilidade do consumidor pelo pão com molho de soja foi observado enquanto a aceitabilidade no pão comum diminuiu.

Além desses intensificadores de sabor, Angus et al. (2005) também relataram melhora da salinidade produzido por ácidos específicos, como lactato de potássio. De acordo com Labruni et al. (2003), baixos níveis de dose de ácidos dibásicos como succínico, adípico, málico e tartárico. Os ácidos também desempenham papel significativo no aprimoramento do sabor salgado.

A adição extrato de levedura e proteína vegetal hidrolisada nos produtos de panificação também é restrito ao seu sabor específico que não é aceito por algumas pessoas (WALLIS et al., 2012). Para a fabricação de pães com baixo teor de sódio foi indicado a adição de especiarias, malte e farinha de cevada para realçar o sabor (RØDBOTTEN et al., 2015).

Em termos de extratos de levedura, existem vários produtos que podem melhorar o sabor de um produto com redução de NaCl, manipulando o sabor inicial, fornecendo uma melhoria do perfil de sabor. Quando o NaCl é reduzido, não é apenas a salinidade que é reduzida, mas o perfil complexo de sabor de um tempero fica desequilibrado.

Na língua, o sódio é detectado através de canais iônicos, e, ao substituir o NaCl, a maioria das soluções não usa esses canais, por esse motivo, eles não geram a mesma resposta fisiológica (MCGAUGHEY, 2019). Portanto, para trazer de volta uma experiência agradável de comer, é necessário estimular a interação usando outros receptores, como os receptores da proteína G. O gosto umami é detectado com um sinal através de um receptor acoplado à proteína G, enquanto outros sabores são detectados através dos canais iônicos. Entre essas alternativas,

o receptor umami é o mais comumente utilizado, pois não implica um sabor negativo como amargura ou acidez (DESMOND; VASILOPOULOS, 2019).

No entanto, alguns desses realçadores podem ter problemas de aceitação do consumidor, pois precisam estar indicados na lista de ingredientes. Além disso, eles frequentemente causam mudanças de sabor, aroma e também escurecimento dos produtos (SILLOW et al., 2016).

### **2.5.3 Otimização da forma física do sal**

A percepção do NaCl na forma sólida é afetada pelo tamanho e forma do cristal. A alteração da forma física de sal, por exemplo, de granulado a flocos, proporcionou bons resultados em termos de redução de sódio, devido à maior solubilidade da estrutura diferente na saliva (INGUGLIA et al., 2017). Uma pesquisa foi realizada usando duas formas estruturais (em flocos e granulares) como método de redução do teor de NaCl em produtos à base de carne. O NaCl do tipo floco demonstrou ser mais funcional, em termos de ligação, aumento da solubilização de proteínas e melhoria no rendimento de cozimento, em sistemas modelo de emulsão (CAMPBELL, 1979). O NaCl em flocos apresenta melhor solubilidade e mais rápida que o NaCl granular, e isso pode ser crítico onde pouca ou nenhuma água é adicionada às formulações e, portanto, o NaCl em flocos pode ser benéfico em produtos onde não é adicionada água, como produtos curados a seco (DESMOND; VASILOPOULOS, 2019).

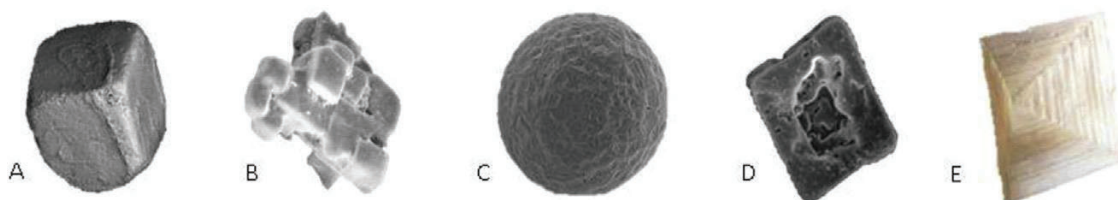
Exemplos comercialmente disponíveis de cristais de sal modificados incluem o Alberger Flake Salt e sal Star Flake, fabricado pela Cargill (Figura 5). Os cristais de sal em flocos Alberger têm uma área de superfície maior e uma densidade aparente baixa que fornece aos cristais de sal uma melhor solubilidade, capacidade de mistura e aderência quando comparado ao sal à base de cubo. Cristais de sal em forma de flocos demonstraram ter melhor propriedades de ligação com gordura e água do que o sal granular quando usado em massa de carne vermelha (CARGILL, 2001; DESMOND, 2006). Microesferas de sal SODA-LO da Tate & Lyle, é outro ingrediente redutor de sal feito de fluxo livre microesferas cristalinas. Esta forma física de sal pode proporcionar um sabor salgado mais alto, maximizando a área de superfície relativa; dessa maneira, o produto alega reduzir os níveis de sal entre 25 e 50% em várias aplicações (TATE; LYLE'S, 2014).

Lutz (2005) mostrou que NaCl em flocos (como o Alberger Fine Flake Improved Salt) produz massas de carne vermelha com propriedades de ligação com gordura e água superior usando sais evaporados a vácuo dendríticos do que regulares. As perdas de cozimento também foram reduzidas em comparação com os demais sais. Esse aumento na funcionalidade usando

o Alberger Salt pode levar à possibilidade de adicionar menos NaCl e produzir produtos de qualidade semelhante, mas com menor teor de sódio (DESMOND; VASILOPOULOS, 2019).

As principais vantagens associadas ao uso desses produtos são a composição de 100% de sal, não têm sabor químico e possuem um status de “*clean label*”. No entanto, as desvantagens incluem seu custo e o fato de terem tido uma aplicação comercial limitada (INGUGLIA, 2017).

Figura 5. Forma modificada do cristal de sal. A) Sal no formato convencional. B) Sal de flocos finos da Cargill Alberger. C) Microesferas de sal Tate & Lyle SODA-LO. D) Sal dendrítico em flocos da Cargill Star. E) Cargill, Alberger Flake Salt.



Fonte: Adaptado de Ingluglia (2017).

O tamanho das partículas de sal desempenha um papel importante na matriz alimentar, portanto, a manipulação do tamanho do sal pode ser uma ferramenta útil para alcançar redução de sal em alguns alimentos. Partículas de sal menores podem de fato ter uma taxa de dissolução mais rápida que pode se traduzir em uma percepção maior de sal (DESMOND, 2006). Experiências com batatas fritas (RAMA et al., 2013), sugeriram que em um ambiente controlado de mastigação com mistura controlada, cristais menores de NaCl poderiam dar uma entrega mais rápida de sódio na saliva, influenciando a salinidade máxima percebida. Com base nessas observações, os autores concluíram que a percepção do sabor salgado está altamente relacionada à forma física do sal e, portanto, modificação do tamanho cristal de sal pode ser uma abordagem viável para reduzir o teor de sódio em snacks. Uma observação semelhante levou ao desenvolvimento de uma patente para tempero de produtos alimentares utilizando pequenas partículas de sal marinho. Com um tamanho de 20  $\mu\text{m}$ , essas partículas têm maior difusão de sal nos na matriz alimentícia e, assim, pode proporcionar uma maior percepção do sabor salgado (JOHNSON et al., 2008).

#### 2.5.4 Adaptação do paladar através da redução gradual de sódio

Abordagens atuais para reduzir o consumo de sódio incluem a adaptação do paladar através da redução gradual de sódio, sem aviso prévio ao consumidor. Nessa estratégia, a reformulação do produto é a principal tarefa para alcançar os objetivos propostos. Este método consiste em uma redução gradual do sal nos alimentos, dentro de alguns meses ou mesmo anos. A estratégia também inclui o uso de especiarias, substitutos do sal e intensificadores de sabor (WILSON et al., 2012).

Devido a essa abordagem gradual, a modificação da salinidade não é detectada pelos consumidores, não interferindo na aceitabilidade do produto (ISRAR et al., 2016). Uma vez que o consumidor se adapte bem ao novo sabor salgado, o teor de sódio poderá ser mais reduzido (DOTSCH et al., 2009). O principal resultado do emprego desta estratégia é a redução da salinidade do produto sem diferenças organolépticas visíveis determinadas por consumidores (KILCAST; DEN RIDDER, 2007; LIEM et al., 2011). Estudos anteriores também mostraram que a percepção do paladar das pessoas muda com o tempo e que há uma facilidade na adaptação de nova percepção do sabor salgado (BERTINO; BEAUCHAMP; ENGELMAN, 1986).

Como a preferência pelo sabor salgado é grandemente influenciada por fatores ambientais, e não pelos fatores genéticos, portanto, pode ser facilmente ajustado através da modificação do estilo de vida e gerenciamento das concentrações de sal consumidos nos alimentos (BEAUCHAMP; STEIN, 2008; MCGAUGHEY, 2019). Além disso, a partir de dados de ensaios com animais e humanos, o gosto pelo sódio (apetite ao sódio) e pelo sabor salgado aumenta durante períodos de depleção de sódio, como vômitos. Por outro lado, os níveis de sódio podem ser gradualmente reduzidos durante condições normais (MCGAUGHEY, 2019).

A estratégia mostrou-se bem-sucedida no Reino Unido, onde o conteúdo de sódio de muitos alimentos processados foi reduzido em 20 e 30% em três anos (HE; MACGREGOR, 2009). Girgis et al. (2003) realizaram uma pesquisa para avaliar a abordagem para redução gradual de sódio no pão branco, reduzindo o teor de sal em 25%, com reduções de 5% de sódio por semana durante seis semanas em pão branco fatiado. Essa redução gradual de sal permaneceu despercebido pelos participantes, como demonstrado pelos testes organolépticos. Resultados desta abordagem foram positivos, mas o valor a ser reduzido foi restrito.

Bobowski et al. (2015) compararam duas estratégias de redução de sódio, uma abrupta e outra gradual durante 16 semanas em suco de tomate. A redução gradual de sal foi mais eficaz que a redução abrupta para manter a aceitabilidade do suco de tomate durante o processo de redução de sal. A trajetória das respostas de aceitabilidade durante o processo de redução de sal

é extremamente importante para manter a satisfação do cliente. Uma preocupação séria da indústria de alimentos é que, se uma empresa reduz o teor de sal em um produto, mas seus concorrentes não, seus consumidores mudarão para o produto do concorrente. Uma das estratégias para isso não ocorrer é a utilização do marketing e divulgação.

Antúnez et al. (2019) abordaram reduções estratégicas em amostras de arroz branco cozido. Grande heterogeneidade de percepção do sabor salgado foi encontrada dos consumidores, fornecendo mais evidências sobre a importância de considerar a segmentação do consumidor para obter dados realistas sobre o impacto da redução de sal nos alimentos.

Essa heterogeneidade entre os consumidores introduz complexidade adicional à implementação de programas de redução de sal em nível populacional (ONWEZEN, 2018). Desconhecer essas diferenças individuais implica um risco considerável de informações (JAEGER et al., 2017). No entanto, um número limitado de estudos explorou diferenças individuais para entender melhor o impacto da percepção da redução de sal nos consumidores (BOBOWSKI et al., 2015). De uma forma geral, os consumidores de determinado alimento não possuem a mesma sensibilidade ao sódio, visto que isso depende dos hábitos alimentares de cada um (BOBOWSKI et al., 2015). A sensibilidade ao sabor salgado deve ser estimada através dos *thresholds* ou limiares de percepção.

Define-se *threshold* ou limiar de diferença como a menor variação de um estímulo capaz de provocar alteração na intensidade percebida deste estímulo, a intensidade que deve ser acrescentada ou reduzida para que este estímulo seja percebido como diferente do anterior (ANTÚNEZ et al., 2019). Quanto mais elevado o teor de sódio na dieta, menor a capacidade de percepção e reconhecimento do sal na dieta. O contrário também é observado para consumos de menores teores de sal (redução no *threshold*) (BOBOWSKI; RENDAHL; VICKERS, 2015). Quando o *threshold* é estimado, possibilita reduções de sódio “silenciosas” nos alimentos, antes mesmo de iniciar a estratégia de redução (ISRAR et al., 2016).

No entanto, vários estudos mostraram resultados contraditórios sobre a aceitação de alimentos com baixo teor de sal quando repetidamente dados aos consumidores; a aceitabilidade pode diminuir (ZANDSTRA et al., 2000) ou permanecer estável (HETHERINGTON; BELL; ROLLS, 2000). Embora possa ajudar a reduzir o consumo de sódio, essa estratégia apresenta algumas limitações. Primeiro de tudo, o tempo de teste é um tempo estimado, simulando a troca de lotes na indústria. Além disso, para ser eficaz, é necessário que seja aplicado em escala industrial. Mesmo que a adaptação a um sabor menos salgado pode ser alcançada, em geral, apenas uma quantidade limitada de sal pode ser reduzida realmente sem fazer com que produto se torne intragável (SILLOW et al., 2016; ISRAR, 2016).

Além disso, o sal faz parte do sistema conservante dos alimentos, uma redução no teor de sódio, pode acarretar redução no *shelf-life* do modelo experimental estudado. Bacon reduzido em sódio (2,3% p / p) mostrou ter um prazo de validade de 28 dias em comparação com 56 dias do produto original (3,5% p / p de sal) (STRINGER; PIN, 2005). A principal função do sal nos produtos alimentares não é apenas dar sabor desejável, mas também melhorar o sabor de outros ingredientes mascarando sabores amargos (DOYLE, 2008). Portanto, a redução de sal nos alimentos pode resultar em sabor amargo.

Ainda, de acordo com Cardello et al. (1985), quanto maior o grau em que a experiência do consumidor com o produto corresponde às expectativas pré-estabelecidas maior é a aceitação do produto.

## 2.6 ESTUDO BASEADO NO CONSUMIDOR

O estudo do comportamento do consumidor é definido como a investigação das atividades diretamente envolvidas em obter, consumir e dispor de produtos e serviços, incluindo os processos decisórios que antecedem e sucedem estas ações. É o estudo do processo vivido pelos indivíduos ao tomarem decisões de empregar seus recursos disponíveis em itens relacionados ao consumo, fazendo assim uma vinculação com os propósitos dos profissionais de marketing, que buscam identificar as necessidades e induzir o cliente a consumir o produto (VIEIRA et al., 2002). É evidente a necessidade de maior compreensão dos propósitos, objetivos, reações e maneiras de agir do consumidor.

Nos estudos de consumidor, é importante determinar o perfil de certo grupo de indivíduos, para que o público-alvo de determinado produto ou serviço seja alcançado. A análise multivariada é técnica muito utilizada para definição de perfil de consumidor pois analisa as ligações, semelhanças e diferenças existentes simultaneamente nas variáveis medidas sobre indivíduos ou objetos sob investigação.

Alguns autores estabelecem que o objetivo da análise multivariada é medir, explicar e prever o grau de relação entre variáveis estatísticas (combinações ponderadas de variáveis), a fim de obter uma maior compreensão que auxilie na tomada de decisão (HAIR et al., 2005). Assim, o caráter multivariado reside nas múltiplas variáveis estatísticas (combinações múltiplas de variáveis), e não somente no número de variáveis ou observações. As técnicas multivariadas têm o foco na dependência ou interdependência de múltiplas variáveis (MALHOTRA, 2012).



Dentre as técnicas de análise multivariada, a análise de agrupamentos destaca-se para encontrar grupos de consumidores que pensam da mesma forma. A análise de agrupamentos (também chamada de análise de conglomerados, análise Q ou de análise de clusters) objetiva definir a estrutura dos dados agregando as observações semelhantes em grupos com base em critérios pré-definidos (HAIR et al., 2005; FÁVERO et al., 2009). Portanto, busca reunir em grupos objetos de modo que os indivíduos do mesmo grupo sejam mais parecidos uns com os outros do que com objetos de outros grupos. Dessa forma, os agrupamentos resultantes devem possuir homogeneidade interna, com os objetos próximos quando representados graficamente e heterogeneidade externa, com os diferentes grupos representados distantes (HAIR et al., 2005). De acordo os autores, tal técnica de análise é útil em casos com muitos dados disponíveis, nos quais a quantidade de dados pode dificultar a análise e a interpretação, de modo que se torna necessário reduzi-los em grupos para desenvolver as análises.

Para aplicar a análise de agrupamentos, inicialmente, é necessário definir as variáveis de agrupamento, com base em considerações teóricas, conceituais e práticas (HAIR et al., 2005). Após a seleção das variáveis, destaca-se a importância da padronização dos dados, pois, se houver escalas muito distantes/diferentes, essas podem distorcer a estrutura do agrupamento (FÁVERO et al., 2009).

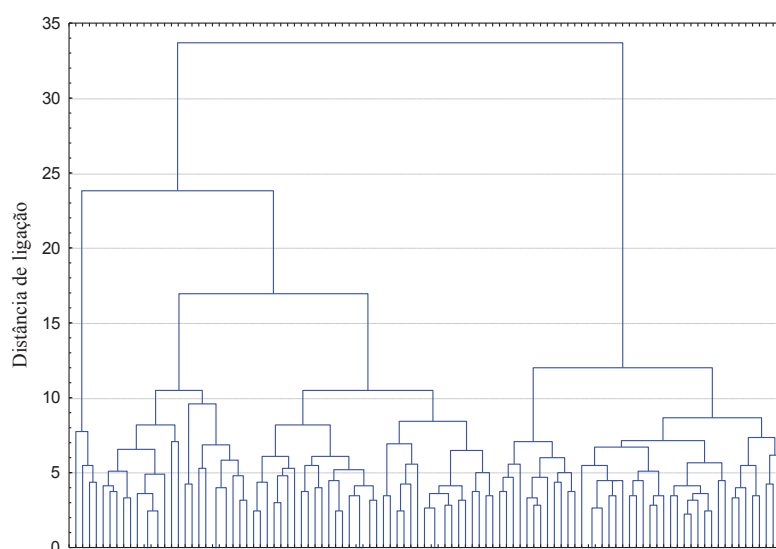
Complementarmente, é necessário definir as medidas de similaridade, ou seja, os critérios a serem utilizados para agrupar as observações semelhantes (HAIR et al., 2005). As medidas de similaridade podem ser classificadas em três tipos: Medidas de distância. (Euclidiana, Quadrática Euclidiana, Monkowski, City- Block, Mahalanobis e Chebyshev); Medidas correlacionais (correlação de perfis, coeficiente de correlação, Pearson); e Medidas de associação (similaridade em variáveis nominais) (FÁVERO et al., 2009).

Após definidas as variáveis e as medidas de similaridade, é necessário escolher o algoritmo (conjunto de regras ou procedimentos) que criará os grupos (HAIR et al., 2005). Existem dois métodos de agrupamento: o hierárquico e o não hierárquico. Segundo Fávero et al. (2009) e Hair et al. (2005) os métodos hierárquicos se dividem em aglomerativos e divisivos. Os aglomerativos partem de uma observação e vão se agrupando até que o final é um único grupo, sendo que os resultados de um estágio anterior são sempre somados com os resultados de um estágio posterior. Os divisivos pelo contrário, começam por um agregado que contém todas as observações e vão se dividindo em agrupamentos menores de forma que ao final cada observação é um grupo (FAVERO et al., 2009). Os métodos aglomerativos os mais frequentemente utilizados são: Menor Distância ou Ligação Individual; Maior Distância ou

Ligação Completa; Distância Média ou Ligação Média; Método Centróide; Método de Ward (FÁVERO et al., 2009).

O Método de Ward é um procedimento de agrupamento hierárquico em que a similaridade entre os agrupamentos é calculada pela soma de quadrados entre os dois agrupamentos somados sobre todas variáveis e tende a gerar agrupamentos de tamanhos aproximadamente iguais (HAIR et al., 2005). Como resultado dos métodos hierárquicos, é gerado um dendograma (Figura 6), um gráfico do tipo árvore no qual o eixo vertical representa o coeficiente de aglomeração, ou seja, a distância utilizada para unir agrupamentos, que mostra como os agrupamentos são combinados em cada passo do procedimento (HAIR et al., 2005).

Figura 6. Exemplo de dendograma gerado para formação de agrupamentos.



Fonte: dados da pesquisa.

Existem ainda os métodos não-hierárquicos, que após especificar o número de agregados a serem formados, designam objetos para os agrupamentos (HAIR et al., 2005). Por conseguinte, é determinado o número de grupos pelo pesquisador e, então, um processo iterativo tem início para encontrar a melhor solução. Nesses métodos, a probabilidade de ocorrerem erros nos agrupamentos é menor, mas é mais difícil de estabelecer um número correto de grupos logo no início (FÁVERO et al., 2009).

A combinação de métodos hierárquicos e não-hierárquicos pode ser muito positiva pela possibilidade de obter os benefícios de ambos os métodos em uma análise. Os métodos hierárquicos podem, inicialmente, estabelecer o número de agrupamentos, caracterizar os centros de agrupamentos e identificar observações atípicas. Por outro lado, os métodos não-hierárquicos podem complementar a análise auxiliando a refinar os resultados e na alteração de

pertinência a grupos (HAIR et al., 2005). O método não-hierárquico mais usual é K-means ou K-médias, segundo Fávero et al. (2009), que utiliza a distância euclidiana como distância mínima e objetiva minimizar a variância interna de cada grupo e maximizar a variância entre os grupos.

## 2.7 ANÁLISE SENSORIAL

Análise sensorial é uma ciência multidisciplinar utilizada para evocar, medir, analisar e interpretar reações às características dos alimentos e como são percebidas pelos sentidos da visão, olfato, gosto, tato e audição (ABNT, 1993).

Nas indústrias de alimentos, as metodologias sensoriais descritivas são amplamente utilizadas para traçar o perfil sensorial de novos produtos alimentícios, modificar formulações, para o controle de qualidade e também para avaliar os produtos durante *shelf-life*. Os métodos descritivos clássicos são abrangentes e flexíveis, capazes de fornecer informações detalhadas sobre as propriedades sensoriais de um alimento, pois permitem a detecção, descrição e até mesmo a quantificação de atributos sensoriais dos alimentos (MEILGAARD; CIVILLE; CARR, 2007; ALCANTARA; FREITAS-SÁ, 2018).

Tradicionalmente, na indústria de alimentos, o perfil sensorial de produtos alimentícios é desenvolvido, entre outros métodos, empregando Análise Descritiva Quantitativa (ADQ). ADQ é uma metodologia padronizada que envolve a avaliação qualitativa e quantitativa das características sensoriais do produto. Os resultados obtidos com a ADQ são precisos e, por isso, a técnica requer grau de treinamento elevado e respectiva manutenção de equipe de julgadores, avaliados por sua repetibilidade e habilidade de discriminação (DRAKE, 2007).

Entretanto, assim como os demais métodos descritivos clássicos, a ADQ apresenta limitações, tempo para treinamento do painel sensorial, disponibilidade de pessoas para participação das análises, definição de produtos referência que traduzam as percepções dos julgadores, desenvolvimento e definição de terminologias para o perfil sensorial que é exclusivo para cada classe de alimentos em particular (CADENA et al., 2014; MORAIS et al., 2014). Além disso, dependendo o grau de complexidade do produto, pode ser necessário mais treinamento e, assim, mais tempo investido, o que pode ser restritivo, pois a indústria busca hoje respostas sensoriais mais rápidas e versáteis que sejam facilmente compreendidas e aplicadas. Todas estas limitações refletem no custo de manutenção de um painel sensorial treinado. Além disso, painéis de julgadores treinados não refletem resultados reais a respeito da opinião do consumidor em mudanças de formulação. Há a necessidade do público-alvo do

alimento estudado ser consultado para fornecer respostas reprodutíveis e mais assertivas para as indústrias de interesse (JAEGER et al., 2018).

Considerando o aspecto econômico e o tempo necessário para treinamento e manutenção de equipes de avaliadores para obter respostas precisas, confiáveis e consistentes, estudos recentes têm apresentado metodologias descritivas avançadas na ciência sensorial aplicadas a consumidores para atender a demanda da indústria de alimentos por versatilidade na aplicação dos testes e agilidade na obtenção de respostas.

Neste contexto, a metodologia CATA (Check-all-that-apply) vem sendo amplamente estudada na tentativa de substituir a análise descritiva tradicional trazendo a possibilidade de utilizar consumidores e não julgadores treinados.

### **2.7.1 CATA (Check-all-that-apply)**

#### *2.7.1.1 Teoria e implementação*

O interesse em metodologias baseadas no consumidor para caracterização sensorial como ferramenta complementar ou substitutiva para a análise descritiva clássica tem aumentado (VALENTIN et al., 2012; VARELA; ARES, 2012). Inicialmente, o questionário CATA foi empregado em pesquisas de marketing com consumidores com a nomenclatura “*mark-all-that-apply*” com o objetivo do consumidor “marcar” atributos do produto em uma lista prévia de termos (RASINSKI, et al., 1994). Entretanto, entre os métodos descritivos avançados, o questionário CATA (Check-all-that-apply) vem despertando crescente interesse na pesquisa sensorial descritiva (ADAMS et al., 2007; ARES; VARELA, 2017). Jaeger et al. (2018) propuseram a aplicação do questionário CATA como um método simples para coletar informações sobre a percepção do consumidor em relação às características sensoriais dos produtos alimentares.

A CATA é um método descritivo de fácil execução e compreensão utilizada para consumidores, resultando em respostas rápidas e, assim, atendendo a demanda da indústria de alimentos (ASIOLI et al., 2017). O questionário CATA objetiva estabelecer o perfil sensorial de alimentos. Assim, os julgadores não treinados são consumidores que recebem uma lista de múltipla escolha, com palavras ou frases pré-definidas que descrevem ou são aplicáveis ao produto que estão avaliando. Para a realização do questionário CATA, são necessários três passos principais: a) Levantamento, em consenso, dos descritores ou lista prévia; b) Elaboração do questionário CATA; c) Avaliação das amostras com os consumidores.

O levantamento dos atributos sensoriais descritores pode ser gerado por um painel de avaliadores treinados ou eles podem ser selecionados considerando resultados de grupos focais anteriores ou de lista prévia de estudos quantitativos de consumidores (DOOLEY et al., 2010). Além disso, os descritores não são limitados aos atributos sensoriais (doce, salgado, amargo) (Figura 7-a), mas também podem conter termos não sensoriais e estar relacionados ao uso do produto, conceito que se encaixam, além de atributos hedônicos (Varela; Ares, 2012) (Figura 7-b). Ares et al. (2017) utilizaram o questionário CATA para identificar como os produtos diferem do produto ideal esperado pelos consumidores, incluindo termos no questionário CATA com conotações de intensidade hedônica (por exemplo, pouco doce, doce demais) e aplicando o questionário CATA para caracterização dos produtos experimentados e dos produtos ideais (ou idealizados).

Figura 7. Exemplos do questionário CATA incluindo: (a) termos sensoriais e (b) termos não sensoriais.

**(a)** **POR FAVOR, CHEQUE TODAS AS PALAVRAS E FRASES ABAIXO QUE VOCÊ ACREDITA QUE SE APLICA A ESSE PRODUTO:**

<input type="checkbox"/> Doce	<input type="checkbox"/> Cremoso
<input type="checkbox"/> Macio	<input type="checkbox"/> Amanteigado
<input type="checkbox"/> Denso	<input type="checkbox"/> Sabor de leite
<input type="checkbox"/> Ácido	<input type="checkbox"/> Sabor desagradável
<input type="checkbox"/> Liso	<input type="checkbox"/> Áspero

**(b)** **POR FAVOR, CHEQUE TODAS AS PALAVRAS E FRASES ABAIXO QUE VOCÊ ACREDITA QUE SE APLICA A ESSE PRODUTO:**

<input type="checkbox"/> Nutricionalmente bom	<input type="checkbox"/> Bom para hidratação
<input type="checkbox"/> Acompanhamento p/ refeições	<input type="checkbox"/> Faz a refeição especial
<input type="checkbox"/> É uma opção saudável	<input type="checkbox"/> Para toda a família
<input type="checkbox"/> É a melhor forma de iniciar a manhã	<input type="checkbox"/> Perfeito para dietas
<input type="checkbox"/> Perfeito durante a prática de esportes	<input type="checkbox"/> Bom para a gratidão

Fonte: Adaptado de Varela; Ares (2012).

A seleção dos descritores e o número dos termos que irão integrar o questionário CATA são pontos fundamentais e incluem os principais desafios da metodologia. Jaeger et al. (2015) analisaram sete estudos de consumidores envolvendo um total de 735 indivíduos e cinco categorias diferentes de produtos (biscoito, queijo, bebidas de frutas, chocolate e sobremesa láctea). O uso de listas “curtas” ou “longas” (10 a 17 termos versus 20 a 28 termos) teve pouco impacto na caracterização sensorial dos produtos. No entanto, os resultados apontaram para um efeito de “diluição” na frequência de citação quando “listas longas” criadas usando palavras sinônimas/antônimas foram utilizadas, confirmando as expectativas de idiosincrasia na percepção do consumidor ou a redução da capacidade discriminativa da lista de termos. Os autores concluíram que, ao conceber os termos da lista, os profissionais devem, em vez de

utilizar um número excessivo de termos, incluir termos diferentes que façam referência às características sensoriais relevantes, a fim de reconhecer a heterogeneidade do consumidor.

Ares e Jaeger (2013) demonstraram que a ordem em que os termos são incluídos em um questionário CATA influencia a resposta do consumidor, o mesmo encontrado por Castura (2009). Segundo os autores, os atributos localizados mais próximos ao topo da lista tendem a ser mais utilizados. Em um estudo subsequente, Ares et al. (2015) recomendam que a ordem de apresentação dos termos no questionário seja balanceada inter e intra-avaliadores, minimizando a influência de vieses sobre as respostas dos consumidores e mantendo sua atenção ao longo da tarefa. Porém, Meyners e Castura (2016) sugerem que os benefícios do balanceamento entre os avaliadores superam os benefícios do balanceamento intra avaliadores. Se os atributos são aleatorizados e sua ordem é mudada no questionário CATA, dentro do mesmo avaliador, em diferentes amostras, a falta de familiaridade com o questionário a cada amostra que o avaliador prova, irá desencadear uma atenção visual notável apenas para encontrar os atributos no questionário, mas não relacionados a uma avaliação real do produto. Por outro lado, se a lista de atributos não é aleatorizada intra-avaliador, em certa medida, menos esforços cognitivos são necessários para preencher o questionário, devido a familiarização dos termos e sua localização do questionário. Em outras palavras, mantendo a ordem dos termos do questionário CATA dentro de um mesmo avaliador, pode se aplicar a avaliação de mais amostras e menos no tempo de localizar e verificar atributos na CATA. Neste sentido, Alcantara e Freitas-Sá (2018) recomendam a aleatorização de ordens de atributo aos avaliadores em vez de atribuir às amostras. Jaeger et al. (2017) investigaram se contextos equivocados influenciam na discriminação hedônica e na caracterização sensorial de produtos, usando o questionário CATA. Os resultados demonstraram que o questionário CATA continua resultando em respostas altamente reproduzíveis, mesmo que os consumidores tenham tido experiências ruins com o produto focal do estudo.

O número de amostras a serem usadas para caracterização sensorial empregando questionário CATA varia de 1 a 12, dependendo do objetivo específico do estudo e as características sensoriais das amostras (ARES, 2015). No entanto, a fadiga sensorial deve ser levada em consideração.

As amostras são apresentadas em sequência monádica, codificadas com números aleatórios de três dígitos, seguindo uma ordem de aleatorização balanceada para evitar influência da ordem de apresentação das amostras. Portanto, as melhores práticas requerem o uso de aleatorização para minimizar o efeito da ordem de apresentação da amostra.

O desenvolvimento da ficha de avaliação deve considerar o número de consumidores no estudo. O número de consumidores normalmente considerados para caracterização sensorial do produto empregando questionário CATA varia de 50 a 100 (ARES et al., 2010; DOOLEY et al., 2010; PLAETHN, 2012). Ares et al. (2014) avaliaram a influência do número de consumidores na estabilidade de amostras e configurações do descritor obtidas utilizando CATA. Os resultados sugeriram que trabalhando com amostras notavelmente diferentes, 60-80 consumidores pode ser considerado número adequado para obter resultados estatísticos reprodutíveis. Contudo, ainda são necessários estudos para avaliar como o grau de diferença entre as amostras afeta o número mínimo de consumidores necessários para atingir configurações estáveis na análise estatística. Além disso, esses números de consumidores necessários podem mudar dependendo do tamanho das diferenças entre amostras, aumentando provisoriamente se as diferenças amostrais forem pequenas (ARES, 2015).

As respostas do questionário CATA podem ainda ser utilizadas como dados suplementares em testes hedônicos buscando encontrar respostas que levem à maior aceitabilidade (ADAMS et al., 2007; ARES et al., 2010; DOOLEY et al., 2010; JAEGER et al., 2013). Neste caso, o número mínimo de consumidores necessários para obter pontuações gerais confiáveis no CATA deve também levar em consideração o número mínimo de julgadores necessário no teste hedônico. Por esse motivo, quando as perguntas da CATA são eliciadas ao mesmo tempo com pontuações gerais de aceitabilidade, o número usual de consumidores em testes hedônicos de 100-120 é apropriado (HOUGH et al., 2006; LAWLESS; HEYMANN, 2010; MAMMASSE; SCHLICH, 2014).

Ares et al. (2014) investigaram a reprodutibilidade do questionário CATA na caracterização sensorial de diferentes produtos, através da introdução de uma segunda sessão de avaliação. Em todos os estudos, os mesmos consumidores avaliaram o mesmo conjunto de amostras sob condições idênticas, nas duas sessões. O estudo revelou que a técnica se mostrou, de uma forma altamente reprodutível, bastante capaz de detectar diferenças e caracterizar os diferentes produtos, confirmando pesquisas anteriores (LADO et al., 2010; BRUZZONE et al., 2012; JAEGER et al., 2013).

### 2.7.1.2 *Análise dos dados*

Os dados do questionário CATA consistem em dados binários, cuja unidade pode assumir apenas dois estados possíveis (tradicionalmente rotulados como 0 e 1) que indicam se cada consumidor selecionou (1) ou não (0) determinado termo para descrever cada uma das amostras incluídas no estudo (ARES, 2015).

A relevância de cada termo incluído na pergunta CATA para descrever cada amostra é determinado pelo cálculo da frequência de seleção. Os dados geralmente são resumidos usando tabelas de contingência que contêm o número de consumidores que selecionaram cada termo para descrever cada amostra (MEYNERIS et al., 2013). Os dados podem ser exibidos usando contagens ou porcentagens, mas o último é mais comum.

A discriminação entre as amostras é verificada através da aplicação do teste estatístico Q de Cochran, amplamente utilizado nos dados de frequência dos atributos da lista CATA, para verificar a inferência das diferenças dos produtos por atributo (MEYNERIS; CASTURA, 2014). O teste Q de Cochran avalia se os consumidores detectaram diferenças significativas entre amostras para cada um dos termos aplicados no questionário CATA. De acordo com Tate e Brown (1970), para aplicar o teste Q de Cochran o número de consumidores vezes o número de produtos deve ser superior a 24, enquanto Meyners e Castura (2014) indicaram que pelo menos 15 avaliadores devem ser usados quando comparando 2 ou 3 amostras.

A análise de correspondência (AC) é amplamente usada para visualizar uma tabela de contingência, e pode ser considerado como uma generalização da análise de componentes principais (ACP) para dados comuns. O método projeta os dados em componentes ortogonais, para maximizar a representação sequencial da variação nos dados. Normalmente, somente o gráfico dos dois primeiros componentes (x e y) é exibido; às vezes, devido à pouca variação explicada, as dimensões adicionais são plotadas também.

A análise de correspondência (AC) pode ser usada para obter um mapa sensorial das amostras e dos termos do CATA. Este mapa permite a visualização das semelhanças e diferenças entre eles, assim como suas principais características sensoriais. AC é um método estatístico que permite a visualização simples e rápida das linhas e colunas de tabelas de contingência bidirecionais como pontos (GREENACRE, 2007). Da mesma forma que a análise de componentes principais, projeta-se os dados da tabela de contingência em dimensões ortogonais que sequencialmente representam tanto quanto possível a variação dos dados experimentais (ABDI; WILLIAMS, 2010). As posições dos pontos correspondentes às linhas e colunas nas dimensões do espaço são consistentes com as suas associações na tabela de contingência.



### 3. CAPÍTULO 3: ARTIGO EXPERIMENTAL

#### REDUÇÃO GRADUAL DE SÓDIO EM SNACKS EXTRUSADOS: UMA ESTRATÉGIA EFETIVA BASEADA NO CONSUMIDOR

##### Resumo

A redução do sal em produtos processados tem sido proposta como uma intervenção de alto impacto para a redução da ingestão de sódio ao nível da população. Uma das principais limitações para esta abordagem é o seu potencial impacto negativo sobre a aceitação dos alimentos. Uma das estratégias mais estudadas é a redução de sódio de forma gradual. Paralelo a isso, é fundamental identificar a heterogeneidade do público consumidor do alimento objeto do estudo. Um dos pilares para a reformulação de produtos com alto teor de sódio é a ciência sensorial, pois fornece informações a respeito da afetividade do consumidor com o produto. Nesse contexto, o objetivo do presente trabalho foi aplicar estratégia de redução de sódio no público consumidor de snacks extrusados e avaliar a formulação quanto às suas características físico-químicas. 104 consumidores foram selecionados para participar da pesquisa e responderam a um questionário online envolvendo dados sociodemográficos e hábitos de consumo de sódio. Baseado nas respostas desse questionário, os snacks produzidos foram de sabor queijo e formato lua. Os consumidores receberam ao longo de 4 quinzenas duas formulações por quinzena e realizaram o teste de comparação pareada, aceitabilidade e CATA. O fator de redução de sódio foi de 5% a cada quinzena, apenas na última quinzena, para fins de comparação, foi utilizada formulação inicial e a outra com 15% de redução de sódio. As formulações iniciais e com a máxima redução de sódio (15%) obtida foram submetidas à caracterização físico-química. Dois segmentos de consumidor foram obtidos através da análise de agrupamentos. Um deles com hábitos mais saudáveis (cluster 2), e o outro com hábitos menos saudáveis. O fator de redução de sódio praticado (5%) a cada quinzena foi assertivo, e os consumidores não conseguiram perceber qual era a amostra mais salgada no teste de comparação pareada. Nos dois clusters, a aceitabilidade do atributo sabor se manteve, mesmo com as reduções de sódio ao longo das quinzenas. Não houve correspondência ( $p > 0,05$ ) das formulações com os atributos, permitindo afirmar que não houve diferenças no mapa sensorial das formulações controle com as formulações com maior redução de sódio (15%). A caracterização físico-química demonstrou que a redução de sódio não impactou nem na atividade de água e nem na fraturabilidade. As coordenadas colorimétricas apresentaram diferenças estatísticas, no entanto, visualmente, imperceptíveis. A estratégia de redução gradual de sódio é eficaz, porém ressalta-se a importância de avaliar separadamente os segmentos do consumidor-alvo. Os resultados obtidos neste estudo contribuem para o avanço da ciência sensorial e do consumidor.

**Palavras chave:** análise sensorial, CATA, redução de sódio.

#### 3.1 INTRODUÇÃO

O alto consumo de sal (NaCl) é uma grande preocupação de saúde global devido à associação do sódio e a hipertensão, contribuindo para o aumento do risco da ocorrência de

doenças cardiovasculares (HE; MACGREGOR, 2018; STRAZZULLO et al., 2009). No Brasil, uma em cada quatro pessoas sofre de hipertensão (BRASIL, 2018). Globalmente, estima-se que as dietas ricas em sal são responsáveis por 3 milhões de mortes anualmente (AFSHIN et al., 2019). A Organização Mundial da Saúde (OMS) recomenda o consumo de menos que 5 g de sal/dia para adultos (OMS, 2012), o equivalente a menos de 2 g de sódio. No Brasil a recomendação de ingestão diária é a mesma, no entanto o brasileiro consome cerca de 2,5 vezes mais do que o recomendado, chegando a 12 g de sal diariamente (BRASIL, 2018). Desta forma, obter-se resultados de redução de consumo de sal pela população é de fato um desafio.

As estratégias para a redução de sódio incluem a modificação do comportamento do consumidor, aumentando o conhecimento e a consciência pública, bem como a reformulação de produtos alimentares para conter menos sal (OMS, 2016). O sal é encontrado em pequenas quantidades em produtos naturais (não processados) alimentos, contribuindo com aproximadamente 12-15% da ingestão diária de sal. Nos países ocidentais, como é o caso do Brasil, os alimentos processados, por outro lado, contribuem cerca de 70-75%, enquanto o sal adicionado em casa (seja durante cozinhar ou à mesa) é responsável por cerca de 10-20%, embora grande variação individual exista (ANDERSEN et al., 2008; HARNACK et al., 2017). Dos alimentos processados que contribuem para um alto consumo de sal incluem-se os snacks extrusados (WEBSTER; DUNFORD; NEAL, 2010). No Brasil o consumo de lanches rápidos e snacks extrusados vem aumentando nos últimos anos (BRASIL, 2018), tornando a redução de sal nesse tipo de alimento uma estratégia promissora para reduzir o consumo de sal a nível de população.

Uma dimensão-chave para a redução de sal nos alimentos é fundamentar-se da ciência sensorial para nortear as modificações de formulação (LIEM; MIREMADI; KEAST, 2011) pois, reduções repentinas no teor de sal de alimentos processados podem resultar em redução da aceitabilidade pelos consumidores. Devido à alta contribuição da ingestão de sal de alimentos processados na dieta ocidental, a reformulação alimentar é um importante componente ao reduzir o sal dietético. No entanto, pesquisas anteriores encontraram que as reduções de sal de até 50% em alimentos processados são alcançáveis utilizando estratégias como a substituição por outros sais, emprego de aromas naturais, adição de glutamato monossódico, otimização da forma física do sal, sem impactar negativamente a aceitação do consumidor (BOLHUIS et al., 2011; RIDDELL et al., 2011; MCMAHON et al., 2016).

Uma das estratégias que vem sendo amplamente estudada é a redução gradual de sódio pois, quando o sal está sendo reduzido ao longo do tempo os consumidores se adaptam ao menor sabor de sal e a aceitação e o consumo permanecem inalterados (BOLHUIS et al., 2011;

MITCHELL; BRUNTON; WILKINSON, 2011; BOBOWSKI; RENDAHL; VICKERS, 2015;). Comparando duas estratégias de redução de sódio, a abrupta e gradual, os autores sugerem que a redução gradual de sal foi mais eficaz do que a redução abrupta de sal porque a redução abrupta foi acompanhada por uma grande queda imediata na aceitabilidade, enquanto a redução gradual manteve melhor a aceitabilidade ao longo o processo (BOBOWSKI et al., 2015). Antunéz et al. (2019) destacam o potencial de redução gradual de sal como estratégia para reduzir a ingestão de sódio.

As pesquisas fornecem evidências que há uma associação entre a ingestão do sal e a sensibilidade ao sabor salgado, dependendo dos hábitos dos indivíduos (AZIENGE, SOFOLA, SILVA, 2011; PIOVESANA, SAMPAIO, GALLANI, 2013). Ou seja, o nível em que os indivíduos podem sentir o sabor de sal depende de quanto de sal o indivíduo consome. Antunéz et al. (2019) identificaram dois segmentos de consumidores com reações hedônicas distintas em sua pesquisa. Ambos os segmentos de consumo também diferiram em sua sensibilidade hedônica e tolerância à redução de sal. Diferenças significativas entre os segmentos de consumidor foram encontrados em seus hábitos de consumo de sal, em especial relacionados à adição de sal aos alimentos, e também em seu interesse em reduzir a ingestão de sal. Esses resultados sugeriram que os hábitos alimentares podem desempenhar um papel importante na formação de nossa preferência. Avaliando os consumidores quanto à sensibilidade hedônica, Bobowski et al. (2015) ressalta a importância de conhecer a heterogeneidade do público consumidor, baseando-se nele a mudança de formulação.

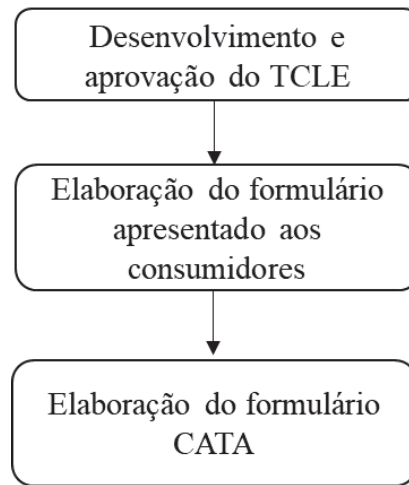
Embora o sódio atue, na grande maioria dos alimentos, na melhoria da palatabilidade, através do sabor salgado (MCCAUGHEY, 2019), ele exerce funções tecnológicas importantes como estabilidade microbiana durante o shelf-life do produto, melhoria da textura, desenvolvimento da cor devido a sua relação com a reação de Maillard, controle da fermentação em panificados (JOHNSON; SCHUETTE, 2019; DESMOND; VASILOPOULOS, 2019; CAUVAIN, 2019), tornando a redução de sódio um desafio tecnológico e industrial.

Desta forma, objetivou-se investigar o efeito da redução gradual do teor de sódio em snacks extrusados em consumidores e também caracterizar as formulações desenvolvidas quanto às suas propriedades físico-químicas.

### **3.2 MATERIAL E MÉTODOS**

A Figura 1 abaixo ilustra as etapas preliminares à execução do projeto.

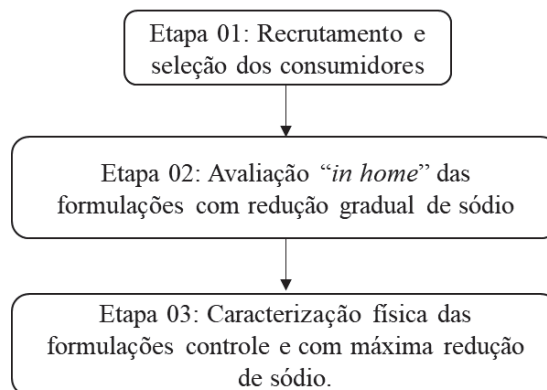
Figura 1. Etapas preliminares da pesquisa.



Fonte: Autor (2019).

O fluxograma apresentado na Figura 2 apresenta as etapas da pesquisa executada.

Figura 2. Fluxograma das etapas de execução da pesquisa.



Fonte: Autor (2019).

### 3.2.1 RECRUTAMENTO E SELEÇÃO DOS CONSUMIDORES

Esse estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade de Passo Fundo (No. 26349419.3.0000.5342). Os julgadores foram selecionados de forma não probabilística intencional. Cento e quatro indivíduos adultos foram selecionados para participar da pesquisa. Foram rejeitados indivíduos hipertensos, fumantes, pacientes oncológicos e fora da faixa etária de 18 a 50 anos. Um termo de consentimento (Apêndice A) informado foi assinado por todos os participantes antes dos testes sensoriais. Todos os participantes eram consumidores de snacks extrusados. Os participantes responderam um questionário online com dados sociodemográficos e de consumo de sódio (Apêndice B).

Considerando as diferentes variáveis apresentadas na pesquisa, evidenciou-se a necessidade de estudar as ligações, semelhanças e diferenças existentes entre elas por meio de análise de agrupamentos (análise de cluster), utilizando como medida de similaridade a distância Euclidiana, como regra de agrupamento o método de Ward e o algoritmo empregado foi o método hierárquico (aglomerativo) e, em seguida o método não-hierárquico (k-means), sendo a análise realizada no Software Statistica 5.5 em um intervalo de confiança de 95%.

### 3.2.2 AVALIAÇÃO “*IN HOME*” DAS AMOSTRAS REDUZIDAS EM SÓDIO

Todos os participantes da pesquisa receberam, “*in home*”, a cada 15 dias, duas amostras de snacks com as fichas sensoriais (comparação pareada, aceitabilidade e CATA) durante 4 quinzenas. Os consumidores foram instruídos através de vídeos para o preenchimento correto das fichas do teste sensorial. Na última quinzena (4), foi entregue a amostra com maior redução de sódio (15%) e a formulação inicial (Amostra B da quinzena 1), a fim de verificar se houve adaptação do paladar com a estratégia utilizada.

#### 3.2.2.1 Definição do teor de sódio inicial das formulações

As formulações de snacks extrusados para as quinzenas “*in home*” foram elaboradas a partir de uma formulação controle para cada cluster. As formulações foram elaboradas variando todos os ingredientes que contém sódio (aroma, sal, glutamato), os demais ingredientes seguiram composição padrão (Tabela 1).

Tabela 1. Composição padrão para o snack extrusado de milho.

	Ingredientes	Formulação*
Massa	Farinha de milho	110 g
	Corante urucum	0,0004 g
	Óleo de algodão	13 g
Aromatização	Aroma	Alterado
	Glutamato monossódico	Alterado
	Sal (NaCl)	Alterado

\*Formulação refere-se a 100 g de produto final (considerando 28% de perda por cocção).

Fonte: Autor (2019).

O teor de sódio da formulação controle teve como referência a média ponderada dos valores encontrados na embalagem das marcas citadas nas respostas do questionário (Apêndice B) e o número de vezes que cada marca foi citada no formulário de recrutamento (Equação 1).

$$TSFC = \frac{[(TSmA \times n^{\circ} escolhas) + (TSmB \times n^{\circ} escolhas) \dots]}{NTM} \quad (1)$$

Onde:

TSFC: Teor de sódio na formulação controle;

TSmA; TSmB...: Teor de sódio marcas comerciais (retirado da embalagem);

Nº escolhas: número de vezes que determinada marca foi escolhida como consumo preferencial entre os participantes;

NTM: número de marcas informadas pelos participantes no questionário online.

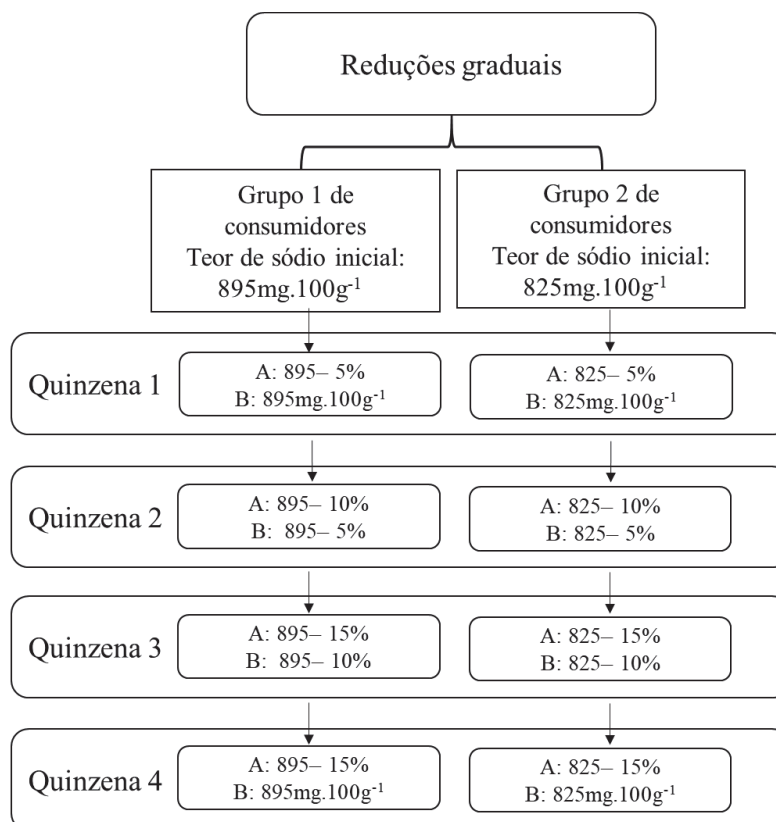
### 3.2.2.2 Produção dos snacks

Os snacks foram produzidos em escala industrial com 2 dias de antecedência à entrega das amostras aos consumidores, usando linha automatizada de extrusora dupla rosca (RX 200, série 3586, Rafamáquinas, 2018), pressão de 30 bar, vazão 180 kg.h<sup>-1</sup>. O formato do snack, sabor e frequência de entrega foram definidos a partir dos dados coletados no recrutamento dos consumidores, sendo formato “lua”, sabor queijo e frequência de entrega quinzenal.

### 3.2.2.3 Redução gradual de sódio

Baseando-se na literatura (BOBOWSKI et al., 2015; ANTUNEZ et al., 2019), o fator de redução progressivo foi de 5% a cada quinzena. Na Figura 3 está apresentado o delineamento das reduções de sódio ao longo das quizenas. Os participantes da pesquisa receberam, quinzenalmente, 10 g de amostra dos snacks embalados hermeticamente em pacotes plásticos de polipropileno + polipropileno biorientado (BOPP+PP), para garantir a crocância do produto. Em cada quinzena foram entregues duas amostras ao consumidor, e as fichas para os testes sensoriais, sendo uma ficha para o teste de comparação pareada, duas fichas de aceitabilidade e CATA (uma para cada amostra, visto a apresentação ser monádica).

Figura 3. Delineamento das reduções graduais de sódio entre as quizenas.



Fonte: Autor (2020).

### 3.2.2.4 Análise sensorial

As amostras foram codificadas com números de 3 dígitos aleatórios, sendo utilizados números diferentes em cada etapa, impedindo a identificação de amostras pelos consumidores.

Os consumidores foram solicitados analisarem as amostras recebidas quinzenalmente através do teste afetivo de aceitabilidade e do questionário CATA (*Check-all-that-apply*) (Apêndice D), e do teste de comparação pareada (Apêndice C). Todos os testes sensoriais foram realizados na modalidade “*in home*”.

O teste de aceitabilidade foi avaliado empregando escala hedônica estruturada de nove pontos variando de um (desgostei muitíssimo) a nove (gostei muitíssimo). O Índice de Aceitabilidade (IA) foi calculado para o atributo de impressão global (Equação 2).

$$IA = \frac{[Ax100]}{B} \quad (2)$$

Onde:

A= nota média obtida para o produto;

B= nota máxima possível para dar a cada produto conforme escala hedônica.

As amostras aceitas foram aquelas no qual o índice de aceitabilidade foi igual ou superior a 70% (DUTCOSKY, 2011). Posteriormente, os participantes responderam ao questionário CATA (*Check-all-that-apply*). No questionário CATA, os consumidores foram convidados a marcar todos os atributos que eles consideraram adequados para descrever cada amostra. Os termos CATA foram apresentados em ordem de apresentação balanceada para cada julgador (ARES et al., 2015). No teste de comparação pareada, os participantes foram convidados a experimentar cada uma das amostras no par e indicar o mais salgado, selecionando a amostra correspondente.

### 3.2.2.5 *Análise dos dados*

Os resultados de aceitabilidade foram analisados comparando-se os dados dentro de cada Cluster, sendo os julgadores considerados réplicas e a comparação dos tratamentos realizada entre os resultados obtidos em cada semana. Na análise sensorial deste estudo, um grande volume de dados foi obtido. É fundamental que esses dados sejam analisados estatisticamente de forma adequada. Dessa forma, o teste de esfericidade foi realizado, que indica se há homogeneidade nas variâncias em diferentes condições de experimento (FIELD, 2005). A esfericidade foi significativa ( $p < 0,05$ ), evidenciando alta variabilidade na variância dos dados. Nesse sentido, os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), havendo diferença as médias foram comparadas através do teste de Bonferroni, para fins conservadores, ao invés do teste de Tukey.

O teste Q de Cochran, seguido com Mcnemar, com correção de Bonferroni foi empregado para avaliar se houve diferença entre os termos do questionário CATA. Para a geração do mapa sensorial, foi utilizado a análise de correspondência. Todos os testes acima foram realizados utilizando software estatístico XLSTAT e Statistica 5.5.

### **3.2.3 AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DAS FORMULAÇÕES**

Apenas as formulações iniciais de cada cluster (Q1B) e as formulações com maior redução de sódio (Q4A) foram submetidas à caracterização físico-química. As médias foram comparadas e submetidas ao teste de Tukey, a 5% de significância.



### *3.2.3.1 Cor instrumental*

Os parâmetros de cor  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  foram determinados em snacks moidos à temperatura ambiente, usando um espectrofotômetro Minolta CM-600D (ColorQuest II, HUnterLab, EUA) definido no iluminante D65, abertura de 8 mm e observador de  $10^\circ$  a  $25^\circ$  C.

### *3.2.3.2 Atividade de água*

A atividade de água foi medida em 3g de snack com termohigrômetro elétrico de medida direta (modelo 650, Testo, Alemanha).

### *3.2.3.3 Textura*

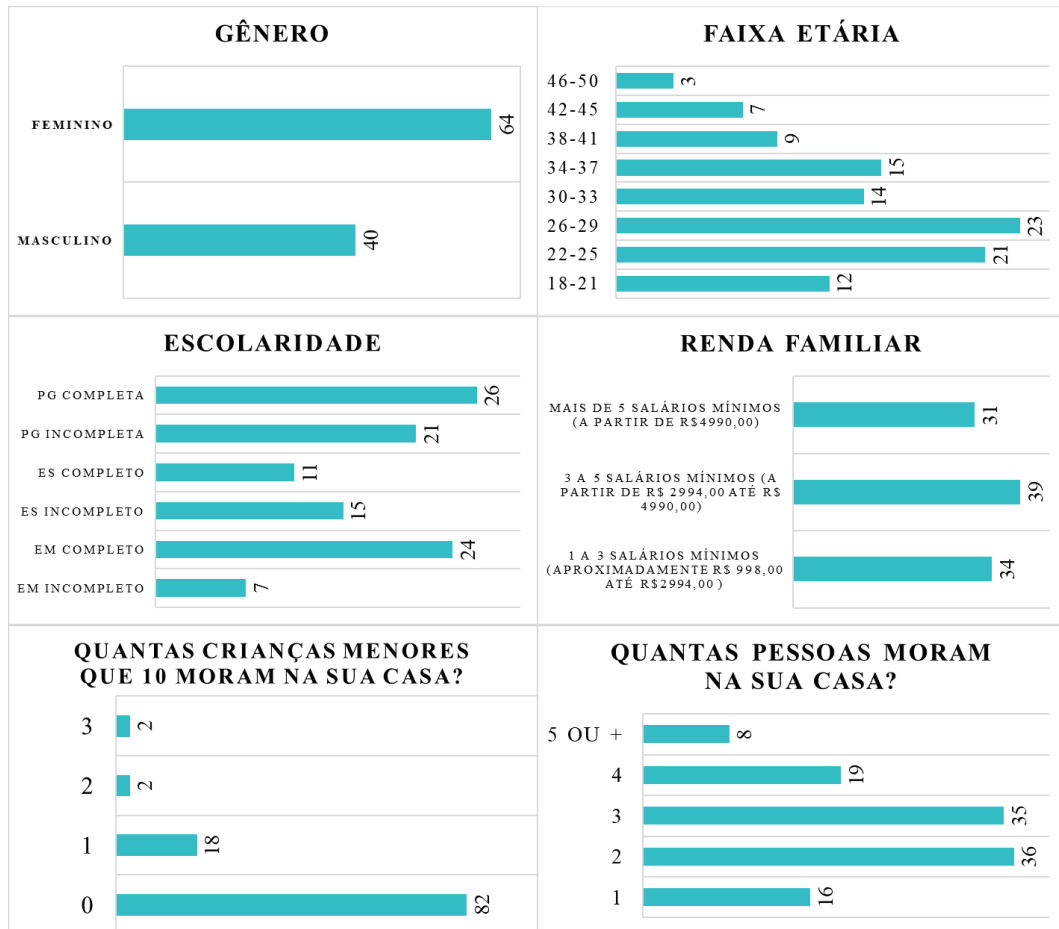
A fraturabilidade das formulações foi determinada em texturômetro (modelo TA.XT.plus, Stable Micro Systems, Inglaterra). Uma célula de cisalhamento Kramer de 5 lâminas foi utilizada. A célula de carga utilizada foi de 50 kg. A velocidade de teste foi de 2 mm/s e a distância entre a amostra e a célula de cisalhamento foi de 50 mm.

## **3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **3.3.1 RECRUTAMENTO E SELEÇÃO DE JULGADORES**

As características sociodemográficas de todos os participantes demonstram equilíbrio no recrutamento e seleção da amostra (Figura 4). A renda, escolaridade e gênero estão bem distribuídas a fim de que cada classe e faixa etária fossem representativas no estudo. A maior parte dos respondentes da pesquisa não mora com crianças menores que 10 anos, ou seja, os consumidores participantes da pesquisa compram o produto para consumo próprio. Em torno de 62% do público recrutado é do sexo feminino e 54% dos respondentes possuem entre 18 e 29 anos. A idade média dos participantes da pesquisa (n=104) é de 29,86 anos, sendo 38,46% do sexo masculino e 61,54% do sexo feminino.

Figura 4. Características sociodemográficas dos respondentes iniciais da pesquisa (n=104).



Legenda: PG completa: Pós-graduação completa. PG incompleta: Pós-graduação incompleta. ES completo: Ensino superior completo. ES incompleto: Ensino superior incompleto. EM completo: Ensino médio completo. EM incompleto: Ensino médio incompleto. Fonte: Dados da pesquisa.

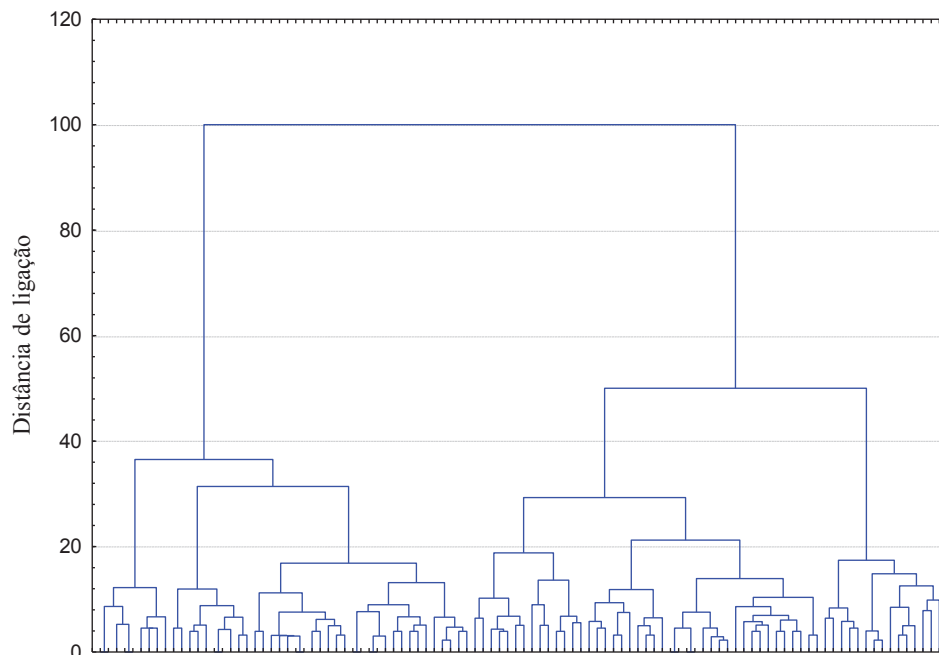
Para identificar homogeneidade nos consumidores, a análise de agrupamentos foi realizada. Em um primeiro momento, todas as variáveis foram utilizadas. No entanto, observou-se que as diferenças estatísticas significativas ocorreram em variáveis não relevantes para o estudo, como gênero, faixa etária, escolaridade, renda. Por isso, optou-se por uma segunda análise de agrupamentos empregando novamente o método hierárquico, utilizando somente as variáveis que refletiam os hábitos e atitudes de consumo de sódio (Tabela 2).

Tabela 2. Valores atribuídos às variáveis submetidas à análise de agrupamentos.

Variáveis respondidas	Valores atribuídos a cada opção de resposta
Com que frequência você é responsável por preparar a comida em casa?	1 = Nunca; 2= Quase nunca; 3= Às vezes 4=Regularmente; 5=Sempre.
Como o sal é usado na preparação de alimentos em sua casa?	1 = Antes do cozimento dos alimentos; 2 = Durante o cozimento dos alimentos; 3 = Após o cozimento dos alimentos
Como dimensiona a quantidade de sal adicionada a comida?	1 = Provando/experimentando o alimento 2 = Através de instrumentos de medida (balança, colher medida...) 3 = Intuição (antes de experimentar a comida)
Você costuma adicionar sal aos alimentos preparados em casa depois de experimentá-los?	1 = Nunca 2 = Às vezes 3 = Sempre
Você costuma adicionar sal à comida (cozida) quando está comendo em um restaurante?	
Você costuma colocar o saleiro sobre a mesa em casa?	
Você está preocupado com a ingestão de sal?	
Atualmente, você procura informações sobre o teor de sal dos alimentos que você geralmente come?	
Você está interessado em consumir alimentos com pouco sal?	1 = Pouco interessado a 5 = Muito interessado.
Ter uma alimentação saudável é importante para você?	1 = Pouco importante a 5 = Muito importante
Pensando em seus hábitos alimentares, quão saudável é sua dieta, em geral?	1 = Nada saudável a 5 = Muito saudável

As variáveis referentes aos hábitos de consumo de sódio (Tabela 2) entre o grupo de consumidores respondentes, quando analisados através da análise de aglomerados, possibilitou definir o número mais apropriado de agrupamentos. O dendograma gerado através do método de Ligação Completa e a Distância Euclidiana, revelou que os dados poderiam ser organizados em dois agrupamentos (Figura 5). Assim, dois clusters foram obtidos, sendo um com 48 consumidores e o outro com 56 consumidores, totalizando os 104 respondentes da pesquisa. Esse número é compatível com o tamanho da amostra, pois um número maior de agrupamentos geraria grupos com observações pouco representativas estatisticamente (HAIR, 2009). Dos 104 respondentes da pesquisa, 14 abandonaram a pesquisa, sendo apenas 90 os que permaneceram em todas as quinzenas.

Figura 5. Dendograma gerado para definição dos agrupamentos.



Fonte: Dados da pesquisa.

O método não-hierárquico complementou a análise adequando cada observação em seu devido cluster. Para refinar a definição de quais consumidores pertenciam a cada cluster, foi utilizado o método k-means associado à distância euclidiana. A análise de variância foi realizada a fim de verificar a diferença entre os grupos (clusters) em relação aos hábitos de consumo (Tabela 4). A Tabela 4 apresenta as comparações de médias entre os grupos quando houve diferença entre as variáveis analisadas entre os dois grupos.

Tabela 3. Valor de  $p$  para as variáveis que geraram os dois clusters.

Variáveis	Valor de $p$
<b>Com que frequência você é responsável por preparar a comida em casa?</b>	<b>0,007086</b>
Como o sal é usado na preparação de alimentos em sua casa?	0,591924
Como dimensiona a quantidade de sal adicionada a comida?	0,273541
Você costuma adicionar sal aos alimentos preparados em casa depois de experimentá-los?	0,379987
Você costuma adicionar sal à comida (cozida) quando está comendo em um restaurante?	0,053623
<b>Você costuma colocar o saleiro sobre a mesa em casa?</b>	<b>0,004735</b>
<b>Você está preocupado com a ingestão de sal?</b>	<b>0,000000</b>
<b>Atualmente, você procura informações sobre o teor de sal dos alimentos que você geralmente come?</b>	<b>0,000001</b>
<b>Você está interessado em consumir alimentos com pouco sal?</b>	<b>0,000000</b>
<b>Ter uma alimentação saudável é importante para você?</b>	<b>0,001446</b>
<b>Pensando em seus hábitos alimentares, quão saudável é sua dieta, em geral?</b>	<b>0,001910</b>

\*Valor de  $p$  ao nível de significância de 95%.

Nenhuma diferença significativa entre os clusters foi encontrada em termos da forma que o sal é adicionado na preparação e consumo dos alimentos ( $p>0,05$ ). No entanto, diferenças no interesse de levar uma vida mais saudável, de consumir menos sódio e de informar-se no rótulo do alimento ( $p<0,05$ ) antes do consumo foram encontrados entre os segmentos.

A idade média entre os dois clusters foi muito semelhante (Tabela 4). Forbes et al. (2015) sugerem que o comportamento de consumo de sódio é independente de faixa etária, gênero, escolaridade, e renda familiar. O comportamento de consumo de sódio é dependente dos hábitos alimentares e culturais adquiridos ao longo da vida.

No cluster 2, 64% dos integrantes possuem pelo menos ensino superior completo (Tabela 4). Mesmo que a divisão de gênero entre os clusters esteja equilibrada, pesquisas realizadas na Nova Zelândia e Austrália demonstram que as mulheres (54%) são mais inclinadas a ler informações nutricionais do que os homens (30%). Ainda, as mesmas sugerem que as mulheres estão mais preocupadas com os componentes nutricionais dos alimentos que consomem, como o sódio, por exemplo; podendo estar relacionado às mulheres que enfrentam maiores pressões internas e externas em relação ao peso corporal (FORBES et al., 2015).

Tabela 4. Características de cada cluster.

Variável	Cluster 1 (n=48)	Cluster 2 (n=56)
Idade média (anos)	29,12	30,5
<b>Gênero</b>		
Feminino	56%	66%
Masculino	44%	34%
<b>Renda familiar</b>		
a) 1 a 3 salários mínimos	25%	40%
b) 3 a 5 salários mínimos	44%	33%
c) Mais de 5 salários mínimos	31%	27%
<b>Escolaridade</b>		
Ensino médio incompleto	8%	7%
Ensino médio completo	27%	20%
Graduação incompleta	18%	9%
Graduação completa	12%	9%
Pós-graduação incompleta	12%	26%
Pós-graduação completa	21%	29%
Responsável pela preparação de alimentos em casa*	3,31 <sup>b</sup>	3,87 <sup>a</sup>
Saleiro em cima da mesa em casa*	1,37 <sup>a</sup>	1,08 <sup>b</sup>
Uso de informações sobre o teor de sal dos produtos alimentícios*	1,41 <sup>b</sup>	2,00 <sup>a</sup>
Interesse em alimentos com redução de sal*	3,04 <sup>b</sup>	4,64 <sup>a</sup>
Importância de uma alimentação saudável*	4,31 <sup>b</sup>	4,73 <sup>a</sup>
Dieta saudável geral*	2,89 <sup>b</sup>	3,38 <sup>a</sup>

\*Média dos valores obtidos com as respostas do questionário (Valores atribuídos em uma escala de 1 a 5 => Tabela 2). <sup>a,b</sup> Letras minúsculas sobrescritos diferentes na mesma linha representam diferença estatística significativa ( $p < 0,05$ ).

As características de cada cluster definem o perfil do consumidor e assim, sugerem a redução de sódio de formas diferentes. É importante salientar que todos os respondentes da pesquisa são conscientes da importância de uma alimentação saudável, mesmo que não a pratiquem.

O cluster 2 representa o segmento de consumidor mais informado ( $p < 0,05$ ) e também mais preocupado com a ingestão adequada de nutrientes na dieta ( $p < 0,05$ ). Em torno de 55% dos consumidores do cluster 2 está cursando ou concluiu pós-graduação, enquanto que no cluster 1 esse indicador é de 33%. O grau de escolaridade está relacionado à qualidade de informação que o indivíduo aceita e julga como correta, assim o cluster 2 busca mais informações corretas a respeito do teor de sal ingerido (Tabela 4). Uma pesquisa realizada pela Mintel (2018) sugeriu que os consumidores com maior nível de escolaridade são mais predispostos a ler informações nutricionais. Além disso, a propensão a ler rótulos e buscar informações nutricionais também é motivada pelo desejo de fazer escolhas assertivas sobre saúde e nutrição (CAMPOS, DOXEY, HAMMOND, 2011; HESS, VISSCHERS, SIEGRIST, 2011). Por isso, quando se refere a redução de sódio para um público bem informado, sugere-se colocar um *splash* nas embalagens, facilitando a comunicação da tabela nutricional com o consumidor.

Os consumidores do cluster 2 são responsáveis regularmente pelo preparo de alimentos em casa, facilitando o controle de sódio ingerido. Já no cluster 1, menos pessoas são responsáveis pelo preparo do alimento e pode ser que esses consumidores realizem mais refeições em restaurantes que o cluster 2, perdendo o controle da adição de sódio. Além disso, o saleiro está presente sobre a mesa mais vezes no cluster 1 ( $p = 0,004$ ).

Não foram encontradas diferenças significativas entre os clusters de consumidores nas formas de usar o sal no preparo dos alimentos em casa ( $p > 0,05$ ), na adição de sal ao comer em restaurantes e a utilização dos saleiros em restaurantes. Essas duas últimas variáveis podem estar relacionadas com o teor de sódio encontrados nos restaurantes, apesar de, normalmente, terem controle dietético, possuem mais sódio que os alimentos preparados em casa.

Vale ressaltar que as diferenças entre segmentos de consumidores foram encontrados em relação ao seu interesse em consumir baixo teor de sal em produtos alimentícios, sendo os consumidores do cluster 2 mais dispostos a diminuir sua ingestão de sódio (Tabela 4).

A partir dos resultados de comportamento e hábitos de consumo de sódio, acredita-se que os consumidores pertencentes ao cluster 2 possuem alta sensibilidade hedônica, e as mudanças de formulação podem ser percebidas mais facilmente neste grupo. Enquanto que o cluster 1 parece apresentar baixa sensibilidade hedônica, sendo mais tolerante a mudanças de formulação.

De todos os respondentes, apenas 11 (10,57 %) não conhecem alguém com problemas cardiovasculares, corroborando os dados nacionais que indicam que o índice de brasileiros com doenças crônicas do aparelho circulatório é alto, cerca de 1 em cada 4 brasileiros sofre com essa patologia (BRASIL, 2018).

Através dos dados coletados do questionário obteve-se três informações importantes para a sequência da pesquisa. A frequência média de consumo de snacks dos participantes da pesquisa é a cada 15 dias. Além disso, o sabor e formato mais consumido de snacks extrusados é queijo e lua (Cluster 1: 38% dos respondentes; Cluster 2: 37% dos respondentes), respectivamente.

Em relação às marcas de salgadinho consumidas pelos respondentes, há diferenças em relação ao consumo de sódio a cada 100 g de snacks, esta informação foi extraída dos rótulos dos snacks para realização do cálculo (Equação 1). Os dois clusters apresentaram marcas de consumo frequente diferentes, levando à diferença (Tabela 5) no teor de sódio da formulação controle ( $\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$ ) inicial. Esta diferença de teor de sódio confirma os hábitos de consumo de sódio interpretados de cada cluster, onde o cluster 2 que apresenta comportamento e hábitos mais saudáveis apresentou o menor teor de sódio inicial.

Tabela 5. Teor de sódio da formulação controle.

Agrupamento	Teor de sódio formulação controle ( $\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$ )
Cluster 1	895
Cluster 2	825

Uma pesquisa realizada em supermercados com consumidores de snack informou que depois do açúcar e da gordura, o sódio é o componente nutricional que mais preocupa e leva a tomada de decisão de compra de snacks (ARES et al., 2018).

O sabor é o principal atributo que os consumidores avaliam quando têm atitude de compra de snacks extrusados. Embora na palatabilidade, o sabor salgado, seja o atributo mais frequentemente avaliado, ele pode incorporar significados diferentes para diferentes grupos demográficos. Assim, os fabricantes de salgadinhos devem atribuir um alto grau de importância ao uso de práticas que não influenciam o sabor e o preço quando há necessidade de mudança

de formulação (MACE, 2012; MINTEL, 2014; FORBES et al., 2015). Os resultados do estudo sugerem que há também influência de atributos intrínsecos (aroma, crocância) e extrínsecos (preço e marca) ao comprar snacks.

A determinação do perfil do consumidor leva ao entendimento do público-alvo do produto a ser modificado, facilitando, a definição das estratégias de redução de sódio. A modificação de formulação de alimentos é algo sensível, pois pode influenciar na aceitabilidade no consumidor, fazendo a reduzir, caso não haja compreensão correta do público-alvo.

Os resultados obtidos fornecem evidências sobre a importância de considerar a segmentação do consumidor para obter o panorama mais completo do impacto da redução de sal nos alimentos.

### 3.3.2 AVALIAÇÃO “*IN HOME*” DAS AMOSTRAS REDUZIDAS EM SÓDIO

O fator de redução de sódio praticado (5%) a cada quinzena foi assertivo, uma vez que os consumidores não conseguiram perceber ( $p > 0,05$ ) qual era a amostra mais salgada no teste de comparação pareada, conforme pode ser visto na Tabela 6, que apresenta o número de respostas corretas obtidas nos testes de comparação pareada, em comparação com o número mínimo de respostas corretas para estabelecer diferença significativa, também indicado na Tabela 6.

Tabela 6. Número de respostas obtidas corretas no teste de comparação pareada.

Quinzena	Cluster 1	Cluster 2
1	18	14
2	22	15
3	16	20
4	14	20
-	27*	31*

\*Número mínimo de respostas corretas para estabelecer diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre as amostras (O'MAHONY, 1986).

Esperava-se que encontrar diferenças significativas na quinzena 4, quinzena a qual foi apresentado aos julgadores as amostras controle e com maior redução de sódio. Isso corrobora para afirmar que a estratégia utilizada for efetiva.

Todas as formulações apresentaram índice de aceitabilidade superior a 70% em todas as quinzenas avaliadas, apresentado na Tabela 7. Este índice sugere que a impressão global do produto não sofreu a interferência da redução de sódio aplicada ao longo das quinzenas. Os



resultados de aceitabilidade mostram algumas diferenças estatísticas que podem estar relacionadas com a sensibilidade hedônica ao sabor salgado entre os dois clusters.

O Cluster 2 apresentou consumidores com sensibilidade hedônica alta, razão pela qual pequenas alterações na formulação foi facilmente percebido por eles, evidenciado pelas diferenças nos atributos de aparência, impressão geral e textura (Tabela 7). No entanto, o atributo sabor, que seria o primeiro a sofrer interferência devido à redução de sódio, manteve aceitação semelhante em todas as quinzenas. Por se tratar de consumidores, em sua maioria, com alto grau de escolaridade e estarem motivados mais à mudanças nos hábitos de saúde (Tabela 4), estão mais atentos para perceberem a diferença em alguns atributos. Indivíduos com alta sensibilidade hedônica ao sal podem ter mais dificuldade de adaptação ao sabor de um alimento com pouco sal (RIIS et al., 2021).

No Cluster 1, a impressão global se manteve em todas as quinzenas e o sabor também (Tabela 7), não havendo diminuição na aceitação global do produto. Os consumidores deste cluster apresentam baixa sensibilidade hedônica, relacionado aos seus hábitos alimentares (Tabela 4), dessa forma, provavelmente eles perceberam alterações na formulação, mas não souberam distinguir qual era a alteração.

Tabela 7. Resultados da análise de aceitabilidade das amostras de snacks reduzidas em sódio

Cluster 1	Quinzena							
	1		2		3		4	
Atributos	A (1)	B (2)	A (3)	B (4)	A (5)	B (6)	A (7)	B (8)
Aparência	7,95±0,94	8,02±0,82 <sup>6*</sup>	7,85±1,01	7,93±0,95	7,61±0,86	7,54±0,77 <sup>2</sup>	7,56±0,97	7,51±1,07
Textura	7,90±0,96 <sup>5,6</sup>	7,59±1,35	7,54±1,24	7,76±1,03	7,12±1,32 <sup>1</sup>	7,13±1,28 <sup>1</sup>	7,24±1,27	7,10±1,41
Sabor	7,49±1,38	7,10±1,58	6,76±1,67	7,02±1,31	7,17±1,16	6,93±1,51	6,68±1,59	6,85±1,65
Impressão global	7,56±1,36	7,46±1,12	7,31±1,54	7,55±1,12	7,34±1,11	7,20±1,23	6,93±1,47	7,12±1,33
Índice de aceitabilidade (IA)	84%	82,88%	81,22%	83,88%	81,55%	80%	77%	79,11%

Cluster 2	Quinzena							
	1		2		3		4	
Atributos	A (1)	B (2)	A (3)	B (4)	A (5)	B (6)	A (7)	B (8)
Aparência	8,20±0,91 <sup>7,8*</sup>	8,25±0,90 <sup>7,8</sup>	8,18±0,99 <sup>7,8</sup>	8,12±1,05 <sup>7,8</sup>	8,10±1,07 <sup>8</sup>	8,10±0,92 <sup>7,8</sup>	7,61±1,15 <sup>1,2,3,4,5,6</sup>	7,59±1,27 <sup>1,2,3,4,5,6</sup>
Textura	7,67±1,25	7,82±1,13	7,98±1,09 <sup>7,8</sup>	8,12±0,97 <sup>7,8</sup>	7,86±1,14	7,78±0,92	7,35±1,36 <sup>3,4</sup>	7,39±1,24 <sup>3,4</sup>
Sabor	7,33±1,21	7,51±1,58	7,45±1,47	7,22±1,25	7,49±1,28	7,43±1,19	7,12±1,35	7,14±1,12
Impressão global	7,74±0,93 <sup>8</sup>	7,82±1,11	7,86±1,27 <sup>8</sup>	7,84±0,97 <sup>7,8</sup>	7,76±0,99	7,71±0,94	7,32±1,16 <sup>4</sup>	7,26±1,13 <sup>1,3,4</sup>
Índice de aceitabilidade (IA)	86%	86,88%	87,33%	87,11%	86,22%	85,66%	81,33%	80,66%

\*Números sobrescritos correspondem às formulações que foram diferentes estatisticamente ( $p < 0,05$ ), as formulações que não tem número sobrescrito, não diferiram estatisticamente. A comparação de médias foi realizada entre as linhas e considerando-se cada cluster individualmente. A e B são as duas amostras entregues aos consumidores a cada quinzena, sendo A a amostra menos salgada e B a amostra mais salgada, em todas as quinzenas. Os números entre parênteses são a codificação de cada formulação para as diferenças estatísticas.

A aceitação contínua das formulações reduzidas em sódio, para o cluster 1, foram o resultado de reduções de sal imperceptíveis (fator de 5%) quinzena a quinzena. Outro fato é que provavelmente o limiar de percepção desses consumidores esteja próximo a esses 5% de redução quinzenal, dificultando a diferenciação das formulações. Esta afirmação é suportada pelo aparente sucesso de reduções "silenciosas" realizadas pelos fabricantes de alimentos (ANTUNEZ et al., 2019). Bobowski et al. (2015) afirma que pequenas mudanças cumulativas em um alimento podem ser um meio eficaz para alterar ingredientes, incluindo sal, sem comprometer aceitabilidade.

A trajetória das respostas de aceitabilidade durante a redução de sal é extremamente importante para manter a satisfação do cliente (BOBOWSKI; VICKERS, 2012). Uma preocupação séria da indústria de alimentos tem sido que, se uma empresa reduz o sal em um produto, mas seus concorrentes não, seus consumidores mudarão para o produto do concorrente. Esta mudança para o produto de um concorrente poderia ser impulsionado por uma queda abrupta na aceitabilidade (BOBOWSKI et al., 2015).

O cluster 2 apresentou diminuição significativa do atributo impressão global durante a quarta quinzena, que provavelmente está relacionado também com a diminuição significativa do atributo textura, uma vez que a aceitabilidade em relação ao sabor se manteve em todas as quinzenas.

Outro fator que pode ter levado a manutenção da aceitabilidade durante as quinzenas foi a motivação das pessoas para reduzir a ingestão de sal. Consumidores motivados a reduzir a ingestão de sódio na dieta podem responder mais favoravelmente a uma redução de sal do que aqueles que estão desmotivados. Apesar de não reduzir ativamente o sal na ingestão diária, indivíduos altamente motivados podem ter tido maior exposição anterior a alimentos com baixo teor de sódio como resultado de sua motivação para consumir alimentos com baixo teor de sal. No geral, se os indivíduos tem hábitos saudáveis, mas estão desmotivados para reduzir a ingestão de sal na dieta, independentemente da estratégia de redução de sal, a aceitabilidade será menor em formulações reduzidas em sódio (BOBOWSKI et al., 2015; ANTUNEZ et al., 2019).

Uma comparação da aceitabilidade longitudinal de suco de tomate entre grupos com níveis baixos e altos de sensibilidade hedônica indicou que a sensibilidade hedônica de um indivíduo ao sal pode, em grande parte, determinar como aquele indivíduo responde à redução de sal, com alta sensibilidade hedônica geralmente corresponde a uma menor tolerância à mudanças na formulação (BOBOWSKI et al., 2015).

No entanto, o índice de aceitabilidade obtido (Tabela 7) permite afirmar também, que as expectativas do consumidor em relação ao produto foram atendidas, pois eles já estavam conscientes e orientados que o produto a ser experimentado envolvia a redução de sódio, mas não sabiam qual a estratégia que seria utilizada. É amplamente reconhecido que as expectativas desempenham um importante papel no consumo de alimentos, melhorando ou degradando nossa percepção em relação ao produto (DELIZA; MACFIE, 1996). Vázquez, Curia e Hough (VÁZQUEZ et al., 2009) relataram que as informações sobre a redução de sal em biscoitos afetaram significativamente as expectativas dos consumidores. De acordo com Cardello et al. (1985), "quanto maior o grau em que a experiência do consumidor com o produto corresponde às suas expectativas pré-estabelecidas, maior será o seu gosto pelo produto". Esta informação sugere que ao informar que o sódio seria reduzido, as expectativas sobre o produto foram alteradas, interferindo também na percepção sensorial e hedônica dos consumidores (VÁZQUEZ et al., 2009). Além disso, exposições repetidas a um mesmo produto com mudanças imperceptíveis podem ter alterado as expectativas em relação ao produto, contribuindo para que a aceitabilidade não diminuísse significativamente.

As frequências dos termos da CATA, para ambos clusteres, estão apresentadas nas Tabelas 8 e 9, respectivamente.

Tabela 8. Frequência dos termos da CATA para o Cluster 1.

Termos	Quinzena							
	1		2		3		4	
	A	B	A	B	A	B	A	B
<b>Crocante (C)</b>	<b>35<sup>a*</sup></b>	<b>33<sup>a</sup></b>	<b>36<sup>a</sup></b>	<b>35<sup>a</sup></b>	<b>30<sup>ab</sup></b>	<b>31<sup>ab</sup></b>	<b>27<sup>ab</sup></b>	<b>19<sup>b</sup></b>
Emborrachado (EMB)	2 <sup>a</sup>	4 <sup>a</sup>	1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	4 <sup>a</sup>	8 <sup>a</sup>	6 <sup>a</sup>	10 <sup>a</sup>
Muito salgado (MS)	3 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	1 <sup>a</sup>	1 <sup>a</sup>	5 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	1 <sup>a</sup>
Sabor homogêneo (SH)	22 <sup>a</sup>	22 <sup>a</sup>	19 <sup>a</sup>	21 <sup>a</sup>	17 <sup>a</sup>	16 <sup>a</sup>	18 <sup>a</sup>	16 <sup>a</sup>
Cor uniforme (CU)	37 <sup>a</sup>	35 <sup>a</sup>	35 <sup>a</sup>	35 <sup>a</sup>	34 <sup>a</sup>	31 <sup>a</sup>	32 <sup>a</sup>	29 <sup>a</sup>
Menor crocância (MC)	4 <sup>a</sup>	9 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	8 <sup>a</sup>	8 <sup>a</sup>	7 <sup>a</sup>	8 <sup>a</sup>
Pouco salgado (PS)	10 <sup>a</sup>	18 <sup>a</sup>	21 <sup>a</sup>	19 <sup>a</sup>	12 <sup>a</sup>	15 <sup>a</sup>	12 <sup>a</sup>	15 <sup>a</sup>
Textura oleosa (TO)	0 <sup>a</sup>	0 <sup>a</sup>	1 <sup>a</sup>	1 <sup>a</sup>	1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	4 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>
Amolecido (AM)	0 <sup>a</sup>	1 <sup>a</sup>	1 <sup>a</sup>	0 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	1 <sup>a</sup>
Sabor desuniforme (SD)	3 <sup>a</sup>	7 <sup>a</sup>	6 <sup>a</sup>	11 <sup>a</sup>	10 <sup>a</sup>	12 <sup>a</sup>	10 <sup>a</sup>	11 <sup>a</sup>
Alta adesividade (AA)	23 <sup>a</sup>	23 <sup>a</sup>	20 <sup>a</sup>	20 <sup>a</sup>	12 <sup>a</sup>	14 <sup>a</sup>	21 <sup>a</sup>	25 <sup>a</sup>
Cor desuniforme (CD)	0 <sup>a</sup>	0 <sup>a</sup>	0 <sup>a</sup>	1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	0 <sup>a</sup>	0 <sup>a</sup>	1 <sup>a</sup>
<b>Textura firme (TF)</b>	<b>20<sup>a</sup></b>	<b>20<sup>a</sup></b>	<b>23<sup>a</sup></b>	<b>20<sup>a</sup></b>	<b>14<sup>ab</sup></b>	<b>15<sup>ab</sup></b>	<b>15<sup>ab</sup></b>	<b>7<sup>b</sup></b>

\*a, b, c sobrescritos na mesma linha indicam diferenças ( $p < 0,05$ ) entre formulações. A comparação de frequências foi realizada entre as linhas e considerando-se cada cluster individualmente. A e B são as duas amostras entregues aos consumidores a cada quinzena, sendo A a amostra menos salgada e B a amostra mais salgada, em todas as quinzenas. Os números entre parênteses são a codificação de cada formulação para as diferenças estatísticas.

Tabela 9. Frequência dos termos da CATA para o Cluster 2.

Termos	Quinzena							
	1		2		3		4	
	A	B	A	B	A	B	A	B
Crocante (C)	47 <sup>a*</sup>	42 <sup>a</sup>	42 <sup>a</sup>	43 <sup>a</sup>	40 <sup>a</sup>	44 <sup>a</sup>	35 <sup>a</sup>	34 <sup>a</sup>
Emborrachado (EMB)	1 <sup>a</sup>	4 <sup>a</sup>	4 <sup>a</sup>	0 <sup>a</sup>	4 <sup>a</sup>	1 <sup>a</sup>	6 <sup>a</sup>	8 <sup>a</sup>
Muito salgado (MS)	8 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	5 <sup>a</sup>	1 <sup>a</sup>	8 <sup>a</sup>	5 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>
Sabor homogêneo (SH)	29 <sup>a</sup>	34 <sup>a</sup>	22 <sup>a</sup>	30 <sup>a</sup>	26 <sup>a</sup>	34 <sup>a</sup>	25 <sup>a</sup>	27 <sup>a</sup>
Cor uniforme (CU)	44 <sup>a</sup>	46 <sup>a</sup>	38 <sup>a</sup>	41 <sup>a</sup>	42 <sup>a</sup>	38 <sup>a</sup>	44 <sup>a</sup>	41 <sup>a</sup>
Menor crocância (MC)	7 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	4 <sup>a</sup>	6 <sup>a</sup>	8 <sup>a</sup>	4 <sup>a</sup>	8 <sup>a</sup>	7 <sup>a</sup>
<b>Pouco salgado (PS)</b>	<b>13<sup>b</sup></b>	<b>19<sup>ab</sup></b>	<b>22<sup>ab</sup></b>	<b>19<sup>ab</sup></b>	<b>11<sup>b</sup></b>	<b>14<sup>b</sup></b>	<b>27<sup>a</sup></b>	<b>17<sup>ab</sup></b>
Textura oleosa (TO)	0 <sup>a</sup>	1 <sup>a</sup>	5 <sup>a</sup>	5 <sup>a</sup>	7 <sup>a</sup>	4 <sup>a</sup>	4 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>
Amolecido (AM)	2 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	1 <sup>a</sup>	1 <sup>a</sup>	1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	1 <sup>a</sup>
Sabor desuniforme (SD)	3 <sup>a</sup>	10 <sup>a</sup>	5 <sup>a</sup>	8 <sup>a</sup>	10 <sup>a</sup>	5 <sup>a</sup>	8 <sup>a</sup>	5 <sup>a</sup>
Alta adesividade (AA)	22 <sup>a</sup>	25 <sup>a</sup>	19 <sup>a</sup>	18 <sup>a</sup>	18 <sup>a</sup>	21 <sup>a</sup>	22 <sup>a</sup>	25 <sup>a</sup>
Cor desuniforme (CD)	0 <sup>a</sup>	0 <sup>a</sup>	1 <sup>a</sup>	1 <sup>a</sup>	0 <sup>a</sup>	1 <sup>a</sup>	0 <sup>a</sup>	0 <sup>a</sup>
<b>Textura firme (TF)</b>	<b>34<sup>a</sup></b>	<b>28<sup>ab</sup></b>	<b>28<sup>ab</sup></b>	<b>31<sup>a</sup></b>	<b>24<sup>ab</sup></b>	<b>22<sup>ab</sup></b>	<b>19<sup>ab</sup></b>	<b>17<sup>b</sup></b>

\*a, b, c sobrescritos na mesma linha indicam diferenças ( $p < 0,05$ ) entre formulações. A comparação de frequências foi realizada entre as linhas e considerando-se cada cluster individualmente. A e B são as duas amostras entregues aos consumidores a cada quinzena, sendo A a amostra menos salgada e B a amostra mais salgada, em todas as quinzenas. Os números entre parênteses são a codificação de cada formulação para as diferenças estatísticas.

Significativas diferenças entre as amostras foram identificadas na frequência de uso dos termos crocante (C) e textura firme (TF) no cluster 1 (Tabela 8) e os termos pouco salgado (PS) e textura firme (TF) no cluster 2 (Tabela 9).

No cluster 1, a redução de sódio causou uma diminuição significativa na frequência de seleção dos termos crocante e textura firme. O termo crocante mostrou uma maior frequência de uso nas formulações das duas primeiras quinzenas, sendo a menor frequência na formulação B da última quinzena. Da mesma forma, o termo textura firme apresentou diminuição significativa ao longo das quinzenas, e a menor frequência foi observada na última quinzena, na formulação que mais continha sódio (Figura 2), a formulação B. No entanto, a formulação B da quinzena 4 é exatamente igual a formulação B da primeira quinzena, o qual apresentou a maior frequência para os dois termos, nos dois clusters. Esse resultado não tem relação com a redução de sódio e pode ser atribuído a demora dos consumidores na prova da amostra e preenchimento das fichas sensoriais da última quinzena, tornando o produto menos crocante. Como o procedimento experimental ocorreu “*in home*”, não se teve controle sobre horário e tempo de consumo, embora os consumidores tenham sido orientados a abrir e consumir imediatamente o produto.

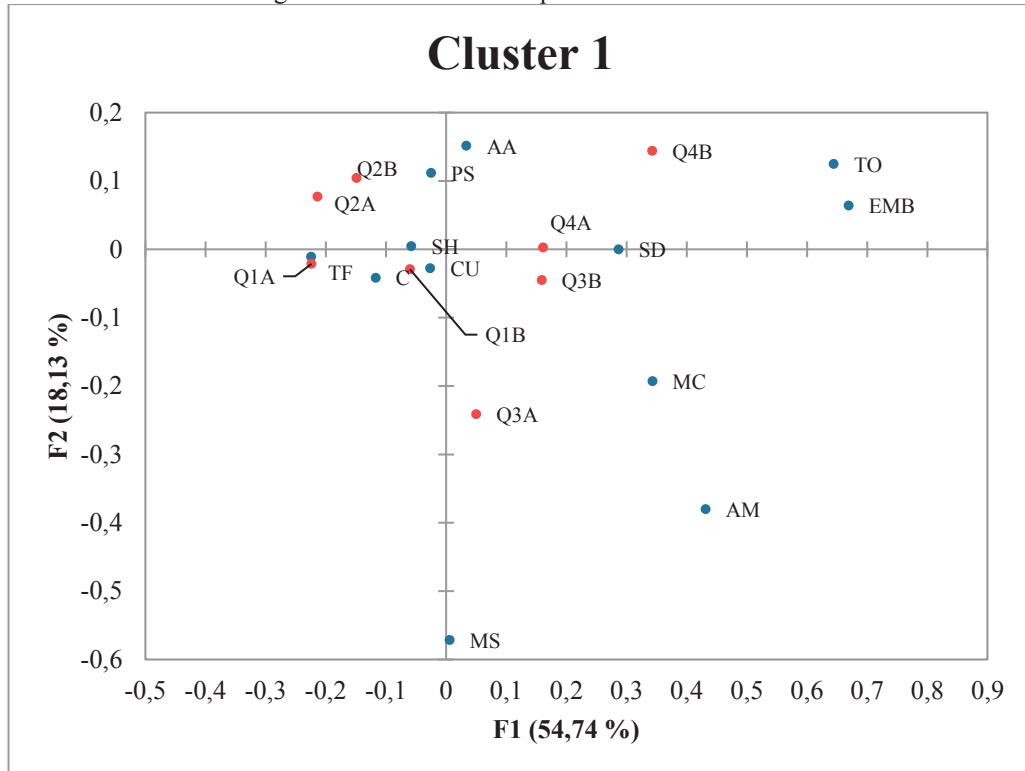
No cluster 2, a redução de sódio foi percebida com o aumento significativo da frequência de uso do termo pouco salgado (PS). Nas primeiras quinzenas a frequência foi menor, tendo a maior citação na última quinzena, na formulação com a redução máxima praticada neste estudo (15%), a formulação A. Apesar dos consumidores do cluster 2 perceberem e citarem que havia pouco sal na formulação (Tabela 9), os mesmos não perceberam diferenças significativas ( $p > 0.05$ ) entre as amostras no teste de comparação pareada (Tabela 6), não acertaram qual era a amostra mais salgada, no entanto, perceberam que o sal havia sido reduzido ao longo do tempo e, mesmo assim a impressão global das formulações permaneceu inalterada. Isso ocorre quando há repetidas exposições a baixos teores de sal, podendo levar os consumidores a se acostumar com o teor de sal (reduzido), sendo que este processo deve continuar até a alcançar a meta de redução de sal (ZANDSTRA et al., 2015). Isto é particularmente importante, considerando que são necessárias grandes reduções de sal para alcançar níveis-alvo de sal (5 g de sal por dia) (Organização Mundial da Saúde, 2012). A respeito disso, os resultados de Bobowski et al. (2015) adicionam à evidência de que se a redução de sal não for de forma gradual, causa um efeito negativo impacto na percepção hedônica do consumidor e pode encontrar sucesso limitado na redução do teor de sal dos alimentos.

Além disso, é interessante destacar que os termos sabor homogêneo (SH) e sabor desuniforme (SD) não apresentaram diferenças significativas ( $p > 0,05$ ), pois todos os ingredientes que continham sódio foram alterados e não somente o sal, por este motivo o sabor se manteve uniforme. Isso evidencia a complexidade de modificar um ingrediente fundamental que serve como um importante contribuinte para o sabor e aceitabilidade dos alimentos.

Os termos cor uniforme (CU), cor desuniforme (CD) e alta adesividade (AA) também não apresentaram diferenças significativas ( $p > 0,05$ ), pois todas as condições do processo de extrusão foram acompanhadas e mantidas em todas as formulações. Isso permite afirmar também que a redução de sódio não influenciou nos parâmetros de qualidade do snack, dependentes do processo produtivo.

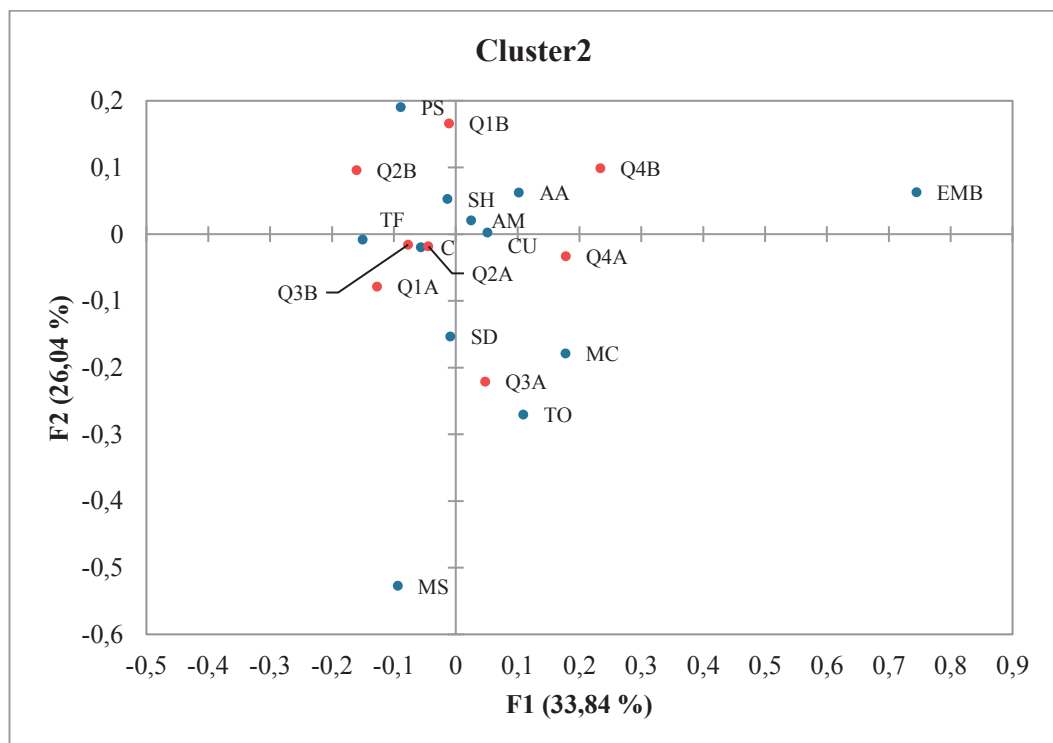
As Figuras 5 e 6 mostram os mapas sensoriais obtidos nas duas primeiras dimensões da Análise de Correspondência realizada em dos dados do questionário CATA de cada um dos clusters de consumidores.

Figura 5. Análise de correspondência do Cluster 1.



Legenda: C: Crocante; EMB: Emborrachado; MS: Muito salgado, SH: Sabor homogêneo, CU: Cor uniforme; MC: Menor crocância; PS: Pouco salgado; TO: Textura oleosa; AM: Amolecido; SD: Sabor desuniforme; AA: Alta adesividade; CD: Cor desuniforme; TF: Textura firme. OBS: Q1B = Q4B ; Q3A=Q4A: mais reduzida em sódio.

Figura 6. Análise de correspondência do Cluster 2.



Legenda: C: Crocante; EMB: Emborrachado; MS: Muito salgado, SH: Sabor homogêneo, CU: Cor uniforme; MC: Menor crocância; PS: Pouco salgado; TO: Textura oleosa; AM: Amolecido; SD: Sabor desuniforme; AA: Alta adesividade; CD: Cor desuniforme; TF: Textura firme. OBS: Q1B = Q4B ; Q3A=Q4A: mais reduzida em sódio.

Uma das explicações para a manutenção da aceitabilidade do consumidor ao longo das quinzenas é a aprendizagem do consumidor conforme as experiências sensoriais ao longo das semanas. Richers (1984) salienta que o homem é capaz de aprender e alterar os seus comportamentos através da ampla utilização de sua experiência passada. Sendo que essa aprendizagem pode acontecer de duas formas, a cognitiva que ocorre em decorrência da conscientização de um estímulo e a afetiva, que ocorre quando o consumidor começa a apreciar o estímulo após tornar-se consciente dele (BLACKWELL et. al, 2005). Acredita-se neste estudo que tenha acontecido a aprendizagem das duas formas.

As duas primeiras dimensões da AC (Figura 5 e 6) realizadas com base nos dados da avaliação da CATA representaram 72,87% da inércia (Dim 1: 54,74% e Dim 2: 18,13%) para o cluster 1 e 59,88% da inércia (Dim 1: 33,84% e Dim 2: 26,04) para o cluster 2. Na análise de correspondência, o conceito de inércia está conectado às distâncias qui-quadrado (CLAUSEN, 2011). Por isso, para afirmar se há correspondência nos dados, calculou-se o qui-quadrado (Tabela 10).

Tabela 10. Teste de qui-quadrado para a Análise de Correspondência (AC).

Parâmetro	Cluster 1	Cluster 2
Qui-quadrado observado	82,58	79,97
Qui-quadrado crítico	98,48	98,48
Significância ( <i>p</i> )	0,311	0,386

Não houve diferenças significativas nas distâncias do qui-quadrado ( $p > 0,05$ ) (Tabela 10), tanto para o cluster 1 ( $p = 0,311$ ), como para o cluster 2 ( $p = 0,386$ ). Evidenciando que não há correspondência dos atributos e as amostras. Apesar de observarmos alguns atributos agrupados no mapa da AC (Figura 5 e 6), não é possível afirmar que determinada formulação é correspondida por algum termo em específico. Isso significa que os mesmos atributos estão relacionados às mesmas formulações, independente se ela tenha alto teor de sódio (Q1B) ou teor reduzido de sódio (Q4A). Os resultados desta análise (AC) adicionam mais evidências que a redução gradual do sal é eficaz para manter a aceitabilidade durante o processo de redução de sal.



### 3.3.3 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DAS FORMULAÇÕES

A caracterização físico-química está apresentada na Tabela 11. A atividade de água permaneceu constante em todas as formulações analisadas ( $p > 0,05$ ). Apesar das diferenças estatísticas (Tabela 11), visualmente, a redução de sódio não influenciou as coordenadas colorimétricas (Figura 7).

Tabela 11. Caracterização física das formulações.

Cluster	Formulação	Aa	L*	a*	b*	Fraturabilidade (N)
1	Controle (Q1B)	0,325±0,006 <sup>a</sup>	75,51±0,04 <sup>b</sup>	15,63±0,06 <sup>b</sup>	50,98±0,07 <sup>b</sup>	534,5±53,94 <sup>a</sup>
	Reduzida em 15%					
1	(Q4A)	0,339± 0,006 <sup>a</sup>	75,65±0,04 <sup>a</sup>	15,69±0,06 <sup>b</sup>	51,47±0,18 <sup>a</sup>	497,25±42,48 <sup>a</sup>
2	Controle (Q1B)	0,338±0,008 <sup>a</sup>	75,31±0,02 <sup>c</sup>	16,39±0,05 <sup>a</sup>	51,63±0,08 <sup>a</sup>	556,5±27,63 <sup>a</sup>
	Reduzida em 15%					
2	(Q4A)	0,329± 0,002 <sup>a</sup>	74,51±0,09 <sup>d</sup>	15,66±0,03 <sup>b</sup>	50,99±0,05 <sup>b</sup>	488,00±53,93 <sup>a</sup>

\*a, b, c sobrescritos na mesma linha indicam diferenças ( $p < 0,05$ ) entre formulações.

A aceitação do produto alimentício pelo consumidor está diretamente relacionada à sua cor por ser um dos primeiros aspectos que influenciam no momento da compra (WANI; KUMAR, 2016). O parâmetro de Luminosidade (L\*) apresentou valores altos para todas as formulações, caracterizando o produto mais próximo do branco (100), evidenciados pela Figura 7, que ilustra um produto de tom claro e que passa luminosidade quando a luz é direcionada.

Figura 7. Comparação visual das formulações.



O resultado do perfil colorimétrico de um determinado alimento é influenciado pelas matérias-primas que compõem sua formulação (PAUCHAR-MENACHO et al., 2008; AKILLIOGLU; YALCIN, 2010). Cerca de 86% da formulação dos snacks foi composta por *grits* de milho, fator este que influenciou diretamente o resultado do parâmetro  $b^*$  que representa a intensidade da cor azul para amarelo. Conforme citado por Coutinho (2013), snacks tradicionais a base de milho possuem elevado teor de carotenoides e por isso conferem maior tonalidade amarelada. A coordenada  $a^*$  apresentou dados mais próximos da cor vermelha do que para da cor verde (Tabela 11). Conforme Lacerda et al. (2010), as reações de escurecimento não-enzimático (Maillard e caramelização) provavelmente são as explicações para que processos à altas temperaturas e baixas umidade, no caso da extrusão, forneçam produtos com tonalidade mais avermelhada do que esverdeada, com maior teor de melanoidinas.

Para evitar as possíveis alterações da cor, os snacks devem ser armazenados ao abrigo da luz, calor, reduzindo a velocidade das reações oxidativas, resultando em produtos com maior estabilidade da cor ao longo do armazenamento.

A textura do snack medida através da fraturabilidade, que é a tendência de um material à fratura quando sofre a aplicação de uma força, não apresentou diferenças significativas entre as formulações analisadas ( $p > 0,05$ ). A fraturabilidade física, medida em Newtons está intimamente relacionada à análise sensorial. Os resultados obtidos desta caracterização complementam o observado na análise de frequência dos termos do questionário CATA, em que as mesmas formulações analisadas nesta seção não apresentaram diferenças significativas no termos de textura firme (TF) e crocante (C).

### 3.4 CONCLUSÕES

Os resultados obtidos fornecem evidências sobre a importância de considerar a segmentação do consumidor para obter o panorama mais completo do impacto da redução de sal nos alimentos.

Grande heterogeneidade no público consumidor de snack foi encontrado. Dois segmentos de consumidores foram observados, divididos em dois clusters e avaliados de forma individual. O cluster 1 não possui muito interesse de reduzir a ingestão de sódio e não possui hábitos muito saudáveis. Já o cluster 2 possui hábitos mais saudáveis, está motivado a reduzir sódio na dieta e procura informações nutricionais a respeito do produto que está consumindo.

Este estudo indica que aplicando a metodologia de redução gradual proposta, o teor de sal nos snacks pode ser reduzidos em 15% sem impactar negativamente a aceitabilidade do consumidor. Ainda, a redução de sódio nas formulações não interferiu na textura do snack, nem na atividade água.

Os resultados deste estudo são promissores para a redução da ingestão de sal ao nível da população, como a ingestão reduzida de sal parece aumentar a sensibilidade ao sabor salgado e mantendo a aceitabilidade, o que pode encorajar os fabricantes de alimentos a produzir snacks extrusados menos salgados.

#### 4. CONCLUSÕES GERAIS

O desenvolvimento e aplicação da estratégia de redução gradual de sódio ocorreu com êxito. A redução gradual de sódio ao longo do tempo mostrou-se uma estratégia efetiva para reduzir o teor de sódio dos alimentos de forma que a aceitabilidade em relação ao sabor permanecesse inalterada. O fator escolhido de redução progressiva (5% a cada quinzena) foi assertivo, uma vez que não foi percebido pelos consumidores em nenhuma quinzena. Ao longo de quatro quinzenas, foi possível reduzir 15% do teor de sódio dos snacks.

A análise de agrupamentos indicou a presença de dois segmentos de consumidores devido a heterogeneidade nos hábitos alimentares e comportamento de consumo de sódio de cada indivíduo. Os clusters obtidos indicam que a sensibilidade hedônica influencia na tolerância e aceitação do consumidor nas mudanças de formulação.

As formulações não apresentam correspondência com os termos da CATA, permitindo afirmar que a frequência dos termos não foi influenciada pela redução de sódio e evidenciou o impacto positivo de aplicar a redução gradual de sódio. A redução de sódio também não alterou as características físico-químicas das formulações analisadas.

Os resultados do presente estudo sugerem que os hábitos alimentares desempenham um papel fundamental na formação de nossas preferências, fornecendo mais evidências sobre a importância de considerar a segmentação do consumidor para obter uma imagem mais completa do impacto da redução do sal nos alimentos.

Os resultados obtidos permitem afirmar um avanço na ciência sensorial no que diz respeito a estudos baseados no consumidor, facilitando as mudanças de formulação nas indústrias de alimentos.

Como perspectivas futuras, ressalta-se a necessidade de trabalhos que abordem: i) a redução gradual de sódio com acompanhamento nutricional visando à mudança real de comportamento dos consumidores em relação à outros alimentos também; ii) aplicar estratégia de redução gradual de sódio com produtos de consumo diário; iii) Aplicar questionário online antes e após o experimento, de forma a observar se houve mudança de hábitos de consumo de sódio.

## REFERÊNCIAS

- ABDI, H.; WILLIAMS, L.J. Correspondence analysis. In Salkind NJ, Dougherty DM, and Frey B, **Encyclopedia of Research Design**, Thousand Oaks, Sage, p. 267–278, 2010.
- ABNT, NBR. "12806. "Análise sensorial dos alimentos e bebidas"." **Associação Brasileira de Normas Técnicas** (1993).
- ADAMS, J.; WILLIAMS, A.; LANCASTER, B.; FOLEY, M., Advantages and uses of check-all-that-apply response compared to traditional scaling of attributes for salty snacks. In: **7th Pangborn sensory science symposium**, 2007.
- ALCANTARA, M. D.; FREITAS-SÁ, D. D. G. C. Rapid and versatile sensory descriptive methods—an updating of sensory science. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 21, 2018.
- ANASTASIADI, M.; LAMBERT, R.J.W. Modelling the effect of combined antimicrobials: a base model for multiple-hurdles. *Int. J. Food Microbiol.* 252, 10–17, 2017.
- ANDERSON, C. A.; APPEL, L. J.; OKUDA, N.; BROWN, I. J.; CHAN, Q.; ZHAO, L.; YOSHITA, K. Dietary sources of sodium in China, Japan, the United Kingdom, and the United States, women and men aged 40 to 59 years: the INTERMAP study. **Journal of the American Dietetic Association**, 110(5), 736-745, 2010.
- ANGUS, F.; PHELPS, T.; CLEGG, S.; NARAIN, C.; DEN RIDDER, C.; KILCAST, D. Salt in processed foods: Collaborative research project. **Leatherhead Food International**, 2005.
- ANTÚNEZ, L.; GIMÉNEZ, A.; ALCAIRE, F.; VIDAL, L.; ARES, G. Consumers' heterogeneity towards salt reduction: Insights from a case study with white rice. **Food Research International**, 121, p.48-56, 2019.
- ARES, G.; ALCAIRE, F.; ANTÚNEZ, L.; VIDAL, L.; GIMÉNEZ, A.; CASTURA, J. C. Identification of drivers of (dis)liking based on dynamic sensory profiles: Comparison of temporal dominance of sensations and temporal check-all-that-apply. **Food Research International**, n 92, p. 79-87, 2017.
- ARES, G.; ANDRADE, J. C.; ANTÚNEZ, L.; ALCAIRE, F.; SWANEY-STUEVE, M.; GORDON, S.; JAEGER, S. R. Hedonic product optimization: CATA questions as alternatives to JAR scales. **Food Quality and Preference**, v. 55, p. 67-78, 2017.
- ARES, G.; JAEGER, S. R. Check-all-that-apply questions: Influence of attribute order on sensory product characterization. **Food Quality and Preference**, v. 28, n. 1, p. 141-153, 2013.
- ARES, G.; TARREGA, A.; IZQUIERDO, L.; JAEGER, S.R. Investigation of the number of consumers necessary to obtain stable sample and descriptor configurations from check-all-that-apply (CATA) questions. **Food Quality and Preference**, v. 31, p. 135-141, 2014.
- ASIOLI, D.; VARELA, P.; HERSLETH, M.; ALMLI, V. L.; OLSEN, N. V.; NAES, T. A discussion of recent methodologies for combining sensory and extrinsic product properties in consumer studies. A discussion of recent methodologies for combining sensory and extrinsic product properties in consumer studies. **Food Quality and Preference**, v. 56, p. 266-273, 2017.

BANNWART, G.C.M.C.; SILVA, M.E.M.P.; VIDAL, G. Redução de sódio em alimentos: panorama atual e impactos tecnológicos, sensoriais e de saúde pública. **Nutrire**, n. 39(3), p. 348-365, 2014.

BARAT, J.M.; TOLDRA, F. Reducing salt in processed meat products. In: Kerry, J.P., Kerry, J.F. (Eds.), *Processed Meats – Improving Safety, Nutrition and Quality*. **Woodhead Publishing Limited**, Cambridge, p. 331–345, 2011.

BEAUCHAMP, G. K.; STEIN, L. J. Salt taste. **The senses: a comprehensive reference**. 6 Vols. Vol. 4, 2008.

BECK, M.; JEKLE, M.; BECKER, T. Impact of sodium chloride on wheat flour dough for yeast-leavened products. I. Rheological attributes. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, n. 92(3), p. 585-592, 2012.

BELTON, P.S. The molecular basis of dough rheology. In: Cauvain, S.P. (Ed.), *Breadmaking: Improving Quality*, second ed. **Woodhead Publishing Ltd**, Cambridge, p. 337–351, 2012.

BERTINO, M.; BEAUCHAMP, G. K.; ENGELMAN, K. Increasing dietary salt alters salt taste preference. **Physiology and Behavior**, n. 38, p. 203-213, 1986.

BIELEMANN, R. M.; MOTTA, J. V. S.; MINTEN, G. C.; HORTA, B. L.; GIGANTE, D. P. Consumo de alimentos ultraprocessados e impacto na dieta de adultos jovens. **Rev Saúde Pública**, p. 49:28, Pelotas- RS, 2015.

BOBOWSKI, N.; RENDAHL, A.; VICKERS, Z. A longitudinal comparison of two salt reduction strategies: Acceptability of a low sodium food depends on the consumer. **Food Quality and Preference**, n. 40, p. 270-278, 2015.

BONATO, P., PERLO, F., FABRE, R., TEIRA, G., TISOCCO, O., & DALZOTTO, M. G. Effect of sodium chloride reduction and wheat fiber addition on chicken nugget quality. **Methodology**. 2015.

BOUVIER, J.M.; CAMPANELLA, O. Breakfast cereals. In: Guy, R. (Ed.), *Extrusion Cooking Technologies and Applications*. **Woodhead Publishing**, p. 133–160, 2001.

BOWER, C. G.; STANLEY, R. E.; FERNANDO, S. C.; SULLIVAN, G. A. The effect of salt reduction on the microbial community structure and quality characteristics of sliced roast beef and turkey breast. **LWT**, n. 90, p. 583-591, 2018.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Análise de Situação de Saúde. **Monitoramento do plano nacional de redução do sódio em alimentos processados**. Brasília: Ministério da Saúde, 2018.

CADENA, R. S.; CAIMI, D.; JAUNARENA, I.; LORENZO, I.; VIDAL, L.; ARES, G.; DELIZA, R.; GIMÉNEZ, A. Comparison of rapid sensory characterization methodologies for the development of functional yogurts. **Food Research International**, v. 64, p. 446-455, 2014.

Câmara Interministerial de Segurança Alimentar e Nutricional. **Plano Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional**: 2016/2019. Brasília, DF:

CAMPBELL, J. F. Binding properties of meat blends, effects of salt type, blending time and post-blending storage. **Ph.D. Thesis**, Michigan State University, 1979.

CARDELLO, A. V.; MALLER, O.; MASOR, H. B.; DUBOSE, C.; EDELMAN, B. Role of consumer expectancies in the acceptance of novel foods. **Journal of Food Science**, n. 50(6), p. 1707-1714, 1985.

Cargill. Cargill salt. Wow-alberger brand salt. **Product Brochure**, 2001.

CARTER, B. E.; MONSIVAIS, P.; DREWNOWSKI, A. The sensory optimum of chicken broths supplemented with calcium di-glutamate: a possibility for reducing sodium while maintaining taste. **Food quality and preference**, v. 22, n. 7, p. 699-703, 2011.

CASTURA, J. C. Do panellists donkey vote in sensory choose-all-that-apply questions. In: **8th Pangborn Sensory Science Symposium**, p. 26–30, Florence. 2009.

CAUVAIN, S. P. Reduced salt and sodium in bread and other baked products. In: **Reducing Salt in Foods**. Woodhead Publishing, p. 213-229, 2019.

CAUVAIN, S.P.; YOUNG, L.S. Bakery Food Manufacture & Quality: Water Control & Effects, second ed. Blackwell Science, Oxford, 2008.

CEBRIÁN, G.; ARROYO, C.; MAÑAS, P.; CONDÓN, S. Bacterial maximum non-inhibitory and minimum inhibitory concentrations of different water activity depressing solutes. **Int. J. Food Microbiology**. n. 188, p. 67–74, 2014.

DAMAK, S.; RONG, M.; YASUMATSU, K.; KOKRASHVILI, Z.; VARADARAJAN, V.; ZOU, S.; JIANG, P.; NINOMIYA, Y.; MARGOLSKEE, R.F. Detection of sweet and umami taste in the absence of taste receptor T1r3. **Science**. 301 (5634), p. 850–853, 2003.

DANA, R.M.; MCCAUGHEY, S.A. Gustatory responses of the mouse chorda tympani nerve vary based on region of tongue stimulation. **Chem. Senses**, 40 (5), p. 335–344, 2015.

DELOOF, S.; DE SEZE, C.; MONTEL, V.; CHATELAIN, A. Atrial natriuretic peptide and aldosterone secretions, and atrial natriuretic peptide-binding sites in kidneys and adrenal glands of pregnant and fetal rats in late gestation in response to a high-salt diet. **European journal of endocrinology**, n. 142(5), p. 524-532, 2000.

DESMOND, E. Reducing salt: A challenge for the meat industry. **Meat Science**, n. 74(1), p. 188-196, 2006.

DESMOND, E; VASILOPOULOS, C. Reducing salt in meat and poultry products. In: **Reducing salt in foods**. Woodhead Publishing, p. 159-183, 2019.

DEVLIEGHERE, F.; VERMEIREN, L.; BONTENBAL, E.; LAMERS, P.; DEBEVERE, J. Reducing salt intake from meat products by combined use of lactate and diacetate salts without affecting microbial stability. **Int. J. Food Sci. Technol.** n. 44, p. 337–341, 2009.

DOOLEY, L.; LEE, Y. S.; MEULLENET, J. F. The application of check-all-that-apply (CATA) consumer profiling to preference mapping of vanilla ice cream and its comparison to classical external preference mapping. **Food quality and preference**, v. 21, n. 4, p. 394-401, 2010.

DÖTSCH, M.; BUSCH, J.; BATENBURG, M.; LIEM, G.; TAREILUS, E.; MUELLER, R.; MEIJER, G. Strategies to reduce sodium consumption: a food industry perspective. **Critical reviews in food science and nutrition**, n. 49(10), p. 841-851, 2009.

DOYLE, E. Foodborne Parasites. **A Review of the Scientific Literature**, 2003.

DOYLE, M. E. Sodium reduction and its effects on food safety. **Food Quality, and Human Health: A Brief**, 2008.

DOYLE, M. E.; GLASS, K. A. Sodium reduction and its effect on food safety, food quality, and human health. **Comprehensive reviews in food science and food safety**, v. 9, n. 1, p. 44-56, 2010.

DRAKE, M. A. Invited review: sensory analysis of dairy Foods. **Journal of Dairy Science**. V. 90, p. 4925-4937, 2007.

DUTCOSKY, S. D. Análise sensorial de alimentos. In **Análise sensorial de alimentos**, 2011.

FARAHNAKY, A.; MAJZOUB, M.; SHOJAE, Z.A. Effect of NaCl and water content on expansion and color of cassava and potato starches on baking. **J. Texture Stud.** n. 40, p. 676-691, 2009.

FÁVERO, L. P. et al. **Análise de Dados: Modelagem Multivariada para Tomada de Decisões**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.

FELLENDORF, S.; O'SULLIVAN, M. G.; KERRY, J. P. Impact of ingredient replacers on the physicochemical properties and sensory quality of reduced salt and fat black puddings. **Meat science**, n. 113, p. 17-25, 2016.

Forbes, SL, Kahiya, E., & Balderstone, C. Analysis of Snack Food Purchasing and Consumption Behavior. **Journal of Food Products Marketing**, n. 22 , p.65-88, 2015.

FSA. The safety and shelf-life of Vacuum and modified atmosphere packed chilled foods with respect to non-proteolytic *Clostridium botulinum*, 2017.

GIRGIS, S.; NEAL, B.; PRESCOTT, J.; PRENDERGAST, J.; DUMBRELL, S.; TURNER, C.; WOODWARD, M. A one-quarter reduction in the salt content of bread can be made without detection. **European Journal of Clinical Nutrition**, n. 57, p.616-620, 2003.

GLASS, K.; DOYLE, M. E. Safety of processed cheese. A. Review of the Scientific Literature, **Food Research Institute**, University of Wisconsin, Madison, 2005.

GRIMES, C. A.; CAMPBELL, K. J.; RIDDELL, L. J.; NOWSON, C. A. Sources of sodium in Australian children's diets and the effect of the application of sodium targets to food products to reduce sodium intake. **British journal of nutrition**, n. 105(3), p. 468-477, 2011.

GROVER, D.W. The keeping properties of confectionery as influenced by its water vapour pressure. **J. Soc. Chem. Indus.** n. 66, p. 201-205, 1947.

HAIR JR, J.F. et al. **Análise Multivariada de Dados**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005, 593 p.



HAMM, R. Importance of meat water binding capacity for specific meat products. In: Hamm, R. (Ed.), **Kolloidchemie des Fleisches**. Parey, Berlin, p. 215–222, 1972.

HE, F. J.; MACGREGOR, G. A. A comprehensive review on salt and health and current experience of worldwide salt reduction programmes. **Journal of Human Hypertension**, n. 23, p. 363-384, 2009.

HECK, G.I.; MIERSON, S.; DESIMONE, J.A. Salt taste transduction occurs through an amiloride-sensitive sodium transport pathway. **Science** 223, p. 403–405, 1984.

HETHERINGTON, M. M.; BELL, A.; ROLLS, B. J. Effects of repeat consumption on pleasantness, preference and intake. **British Food Journal**, n. 102, p. 507-521, 2000.

HILL, S.S.; FERRY, A.L. Satisfactory salt levels for cereals and health. **Food Sci. Technol.** n. 20 (4), p. 26–30, 2006.

HOUGH, G. **Sensory Shelf Life Estimation of Food Products**, Taylor & Francis Group, Boca Raton, FL, 2010.

HOUGH, G.; WAKELING, I.; MUCCI, A.; CHAMBERS IV, E.; GALLARDO, I. M.; ALVES, L. R.; Number of consumers necessary for sensory acceptability tests. **Food quality and preference**, v. 17, n. 6, p. 522-526, 2006.

HUTTON, T. Sodium: technological functions of salt in the manufacturing of food and drink products. **Br. Food J.** n. 104 (2), p. 126–152, 2002.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa de Orçamentos Familiares 2008-2009 – POF**. Rio de Janeiro, 2011.

INGUGLIA, E. S.; ZHANG, Z.; TIWARI, B. K.; KERRY, J. P.; BURGESS, C. M. Salt reduction strategies in processed meat products—A review. **Trends in Food Science & Technology**, n. 59, p. 70-78, 2017.

ISRAR, T.; RAKHA, A.; SOHAIL, M.; RASHID, S.; SHEHZAD, A. (2016). Salt reduction in baked products: Strategies and constraints. **Trends in food science & technology**, n. 51, p. 98-105, 2016.

JAEGER, S. R.; ALCAIRE, F.; HUNTER, D. C.; JIN, D.; CASTURA, J. C.; ARES, G. Number of terms to use in temporal check-all-that-apply studies (TCATA and TCATA Fading) for sensory product characterization by consumers. **Food Quality and Preference**, v. 64, p. 154-159, 2018.

JAEGER, S. R.; ALCAIRE, F.; HUNTER, D. C.; JIN, D.; CASTURA, J. C.; ARES, G. Number of terms to use in temporal check-all-that-apply studies (TCATA and TCATA Fading) for sensory product characterization by consumers. **Food Quality and Preference**, v. 64, p. 154-159, 2018.

JAEGER, S. R.; BERESFORD, M. K.; PAISLEY, A. G.; ANTÚNEZ, L.; VIDAL, L.; CADENA, R. S.; GIMÉNEZ, A.; ARES, G. Check-all-that-apply (CATA) questions for sensory product characterization by consumers: Investigations into the number of terms used in CATA questions. **Food Quality and Preference**, v. 42, p. 154-164, 2015.

JAEGER, S. R.; HORT, J.; PORCHEROT, C.; ARES, G.; PECORE, S.; MACFIE, H. J. H. Future directions in sensory and consumer science: Four perspectives and audience voting. **Food Quality and Preference**, n. 56, p. 301–309, 2017.

JIMENEZ-MAROTO, L. A.; SATO, T.; RANKIN, S. A. Saltiness potentiation in white bread by substituting sodium chloride with a fermented soy ingredient. **Journal of cereal science**, v. 58, n. 2, p. 313-317, 2013.

JOHNSON, C.; JENSEN, M.; SCHILMOELLER, L.; SMITH, G. **Seasoning and method for seasoning a food product utilizing small particle sea salt**. Patent US 2008/0003339 A1, 2008.

JOHNSON, J.; SCHUETTE, J. Breakfast cereals. In: Reducing Salt in Foods. **Woodhead Publishing**, p. 231-253, 2019.

KAUR, A.; BALA, R.; SINGH, B.; REHAL, J. Effect of replacement of sodium chloride with mineral salts on rheological characteristics of wheat flour. **Am. J. Food Technol**, n. 6(8), p. 674-684, 2011.

KELLENBERGER, S.; SCHILD, L. Epithelial sodium channel/degenerin family of ion channels: a variety of functions for a shared structure. **Physiological reviews**, n. 82(3), p. 735-767, 2002.

KHAW, K. T.; BARRETT-CONNOR, E. Dietary potassium and blood pressure in a population. **The American Journal of Clinical Nutrition**, n. 39(6), p. 963-968, 1984.

KILCAST, D.; DEN RIDDER, C. Sensory issues in reducing salt in food products. In: Reducing salt in foods. **Woodhead Publishing**, p. 201-220, 2007.

KREMER, S.; SHIMOJO, R.; HOLTHUYSEN, N.; KÖSTER, E. P.; MOJET, J. Consumer acceptance of salt-reduced “soy sauce” bread over repeated in home consumption. **Food quality and preference**, n. 28(2), p. 484-491, 2013.

LABRUNI, T.; HENRY, S.; AFFOLTER, M.; SCHLICHTERLE-CERNY, H. **European Patent No. EP 1344459**. Munich, Germany: European Patent Office, 2003.

LAJOIE, M.S.; GOLDSTEIN, P.K.; GEEDING-SCHILD, D. Use of bicarbonates in extrusion processing of ready-to-eat cereal. **Cereal Foods World AACC Internationals**, n. 41 (6), p. 448–450, 1996.

LAWLESS, H. T.; HEYMANN, H., Sensory evaluation of food: principles and practices. **Springer Science & Business Media**, 2013.

LEROY, F.; DEGREEF, F. Convenient meat and meat products. Societal and technological issues. **Appetite**. n. 94, p. 40–46, 2015.

LEROY, F.; GEYZEN, A.; JANSSENS, M.; DE VUYST, L.; SCHOLLIERS, P. Meat fermentation at the crossroads of innovation and tradition: a historical outlook. **Trends Food Sci. Technol**. n. 31 (2), p. 130–137, 2013.

LEWANDOWSKI, B.C.; SUKUMARAN, S.K.; MARGOLSKEE, R.F.; BACHMANOV, A.A. Amilorideinsensitive salt taste is mediated by two populations of type III taste cells with distinct transduction mechanisms. **J. Neurosci**. n. 36 (6), p. 1942–1953, 2016.

LIEM, D. G.; MIREMADI, F.; KEAST, R. S. J. Reducing sodium in foods: The effect on flavor. **Nutrients**, n. 3, p. 694-711, 2011.

LINDEMANN, B. Taste reception. **Physiol. Rev.** n. 76 (3), p. 718–766, 1996.

LINKO, Y.; HARKONEN, H.; LINKO, P. Sodium chloride in bread making technology. In: **International Symposium on Advances in Baking Science and Technology**, Kansas State University, USA, 1984.

LORENZO, J.M.; BERMÚDEZ, R.M.; DOMÍNGUEZ, R.; GUIOTTO, A.; FRANCO, D.; PURRIÑOS, L. Physicochemical and microbial changes during the manufacturing process of dry-cured bacon salted with potassium, calcium and magnesium chloride as a partial replacement for sodium chloride. **Food Control**. n. 50, p. 763–769, 2015.

LUTZ, G.D. **Personal communication: Alberger salt improves protein functionality in meat blends: Technical Bulletin**, 2005.

LYNCH, E.J.; DAL BELLO, F.; SHEEHAN, E.M.; CASHMAN, K.D.; ARENDT, E.K. Fundamental studies on the reduction of salt on dough and bread characteristics. **Food Res. Int.** n. 42, p. 885-891, 2009.

MAINAR, M.S.; STAVROPOULOU, D.A.; LEROY, F. Exploring the metabolic heterogeneity of coagulase-negative staphylococci to improve the quality and safety of fermented meats: a review. **Int. J. Food Microbiol.** 247, 24–37, 2017.

MALHOTRA, Naresh K. **Pesquisa de marketing: uma orientação aplicada**. 6. ed. Porto Alegre: Bookman, 2012.

MALTA, D. C. et al. Mortality due to noncommunicable diseases in Brazil, 1990 to 2015, according to estimates from the Global Burden of Disease study. **São Paulo Med. J.**, v. 135, n. 3, p. 213-221, 2017.

MAMMASSE, N.; SCHLICH, P., “Adequate number of consumers in a liking test. Insights from resampling in seven studies,” **Food Quality and Preference**, n. 31, p. 124–128, 2014.

MARGOLSKEE, R.F. Receptor mechanisms in gustation. In: Doty, R.L. (Ed.), **Handbook of Olfaction and Gustation**. Marcel Dekker, New York, p. 575–595, 1995.

MARTINS, A. P. B.; ANDRADE, G. C.; BANDONI, D. H. Evaluation of food sodium level monitoring: a comparative analysis of goals for voluntary reduction in sodium intake in Brazil. **Vigilância Sanitária Em Debate-Sociedade, Ciência & Tecnologia**, 2015.

MATZ, S. A. **Bakery technology and engineering**. 1992.

MCCAUGHEY, S. A. Dietary salt and flavour: mechanisms of taste perception and physiological controls. In: Reducing salt in foods. **Woodhead Publishing**, p. 45-70, 2019.

MEILGAARD, M.; CIVILLE, G. V.; CARR, B. T. **Sensory Evaluation Techniques**. 4<sup>a</sup> ed. Boca Raton: CRC Press, 448 p, 2007.

MEYNEERS, M.; CASTURA, J. C. Randomization of CATA attributes: Should attribute lists be allocated to assessors or to samples? **Food Quality and Preference**, v. 48, p. 210-215, 2016.

MILLER, R.A.; HOSENEY, R.C. Role of salt in baking. **Cereal Foods World**. n. 53 (1), p. 4–6, 2008.

MONAHAN, F.J.; TROY, D.J. Overcoming sensory problems in low fat and low salt products. In: Pearson, A.M., DUTSON, T.R. (Eds.), *Advances in Meat Research – Volume 11: Production and Processing of Healthy Meat, Poultry and Fish Products*. **Blackie Academic & Professional**, London, p. 257–281, 1997.

MORAIS, H. A.; SILVESTRE, M. P. C.; AMORIN, L. L.; SILVA, V. D. M.; SILVA, M. R.; SILVA, A. C. S.; SILVEIRA, J. N. Use of different proteases to obtain whey protein concentrate hydrolysates with inhibitory activity toward angiotensin-converting enzyme. **Journal of Food Biochemistry**, Westport, v. 38, n. 1, p. 102-109, 2014.

MOREAU, L.; BINDZUS, W.; HILL, S. Influence of sodium chloride on color development of cereal model systems through changes in glass transition temperature and water retention. **Cereal Chem**. n. 86 (2), p. 232–238, 2009.

MOSKOWITZ, H. R. Product testing and sensory evaluation of foods: Marketing and R&D approaches. **Food & Nutrition Press**, 1983.

MUELLER, E.; KOEHLER, P.; SCHERF, K.A. Applicability of salt reduction strategies in pizza crust. **Food Chem**. n.192, p. 1116-1123, 2016.

MULLER, W.D. Cooked cured products: Influence of manufacturing technology. **Fleischwirtschaft**. n. 71, p. 544–550, 1991.

NAKAGAWA, T.; KOHORI, J.; KOIKE, S.; KATSURAGI, Y.; SHOJI, T. Sodium aspartate as a specific enhancer of salty taste perception and sodium aspartate is a possible candidate to decrease excessive intake of dietary salt. **Chem. Senses**, n. 39, p. 781-786, 2014.

OFFER, G.; KNIGHT, P. The structural basis of water-holding in meat. In: Lawrie, R.A. (Ed.), **Developments in Meat Science**. vol. 4. Elsevier Applied Science, London, p. 173–243, 1988.

OFFER, G.; TRINICK, J. On the mechanism of water-holding in meat: the swelling and shrinking of myofibrils. **Meat Science**. n. 8, p. 245–281, 1983.

ONWEZEN, M. Including context in consumer segmentation: A literature overview shows the what, why, and how. In G. Ares, P. Varela (Eds.). **Methods in consumer research**, 2018.

PEDRO, S.; NUNES, M. L. Reducing salt in seafood products. In **Reducing Salt in Foods** Woodhead Publishing, p. 256-282, 2007.

PROST, C.; POINOT, P.; RANNOU, C.; ARVISENET, G. Bread aroma. In: Cauvain, S.P. (Ed.), **Breadmaking: Improving Quality**, second ed. Woodhead Publishing Ltd., Cambridge, p. 523–561, 2012.

QUILEZ, J.; SALAS-SALVADO, J. Salt in bread in Europe: potential benefits of reduction. **Nutrition reviews**, v. 70, n. 11, p. 666-678, 2012.

RAMA, R.; CHIU, N.; CARVALHO DA SILVA, M.; HEWSON, L.; HORT, J.; FISK, I.D. Impact of salt crystal size on in-mouth delivery of sodium and saltiness perception from snack foods. **Journal of Texture Studies**, n. 44(5), p.338-345, 2013.

RASINSKI, K. A.; MINGAY, D.; BRADBURN, N. M. Do respondents really “mark all that apply” on self-administered questions?. **Public Opinion Quarterly**, v. 58, n. 3, p. 400-408, 1994.

REIS, F.; DE ANDRADE, J.; DELIZA, R.; ARES, G. Comparison of two methodologies for estimating equivalent sweet concentration of high-intensity sweeteners with untrained assessors: Case study with orange/pomegranate juice. **Journal of Sensory Studies**, v. 31, n. 4, p. 341-347, 2016.

RIOS-MERA, J. D.; SALDAÑA, E.; CRUZADO-BRAVO, M. L.; PATINHO, I.; SELANI, M. M.; VALENTIN, D.; CONTRERAS-CASTILLO, C. J. Reducing the sodium content without modifying the quality of beef burgers by adding micronized salt. **Food Research International**, n. 121, p. 288-295, 2019.

RØDBOTTEN, M.; TOMIC, O.; HOLTEKJØLEN, A. K.; GRINI, I. S.; LEA, P.; GRANLI, B. S.; SAHLSTRØM, S. Barley bread with normal and low content of salt; sensory profile and consumer preference in five European countries. **Journal of Cereal Science**, v. 64, p. 176-182, 2015.

ROPER, S.D. (Eds.), Mechanisms of Taste Transduction. CRC Press, **Boca Raton**, p. 295–338, 2015.

ROPER, S.D. The taste of table salt. **Pflügers Arch.** n. 467 (3), p. 457–463, 2015.

RUUSUNEN, M.; NIEMISTÖ, M.; PUOLANNE, E. Sodium reduction in cooked meat products by using commercial potassium phosphate mixtures. **Agric. Food Sci. Finl.** n.11, p. 199–207, 2002.

RUUSUNEN, M.; PUOLANNE, E. Reducing sodium intake from meat products. **Meat Science**. n. 70, p. 531–541, 2005.

RUUSUNEN, M.; SIMOLIN, M.; PUOLANNE, E. The effect of fat content and flavour enhancers on the perceived saltiness of cooked bologna-type sausages. **J. Muscle Foods**, n. 12, p. 107–120, 2001.

SAMAPUNDO, S.; DESCHUYFFELEER, N.; VAN LAERE, D.; DE LEYN, I.; DEVLIEGHERE, F. Effect of NaCl reduction and replacement on the growth of fungi important to the spoilage of bread. **Food Microbiol.** n. 27, p. 749-756, 2010.

SANTOS, B. A. D.; CAMPAGNOL, P. C. B.; MORGANO, M. A.; POLLONIO, M. A. R. Monosodium glutamate, disodium inosinate, disodium guanylate, lysine and taurine improve the sensory quality of fermented cooked sausages with 50% and 75% replacement of NaCl with KCl. **Meat Science**, n. 96(1), p. 509-513, 2014.

SARNO, F.; CLARO, R. M.; LEVY, R. B.; BANDONI, D. H.; MONTEIRO, C. A. Estimativa de consumo de sódio pela população brasileira, 2008-2009. **Revista de Saúde Pública**, n. 47, p. 571-578, 2013.

SCHIFFMAN, S.S.; MCELROY, A.E.; ERICKSON, R.P., 1980. The range of taste quality of sodium salts. **Physiol. Behav.** n. 24 (2), p. 217–224, 1980.

SILOW, C. A.; ZANNINI, E.; ARENDT, E. K. Current status of salt reduction in bread and bakery products—a review. **Journal of cereal science**, v. 72, p. 135-145, 2016.

SIMPSON, C. A.; SOFOS, J. N. Antimicrobial ingredients. In: **Ingredients in meat products**. Springer, New York, NY, p. 301-377, 2009.

SMITH, D. V.; MARGOLSKEE, R. F. Making sense of taste. **Scientific American**, n. 284(3), p. 32-39, 2001.

SMITH, D.V.; FRANK, M.E., Sensory coding by peripheral taste fibers. In: Simon, S.A., 1993.

STEKELENBURG, F. K. Enhanced inhibition of *Listeria monocytogenes* in Frankfurter sausage by the addition of potassium lactate and sodium diacetate mixtures. **Food Microbiology**, n. 20(1), p. 133-137, 2003.

STRINGER, S. C.; PIN, C. Microbial risks associated with salt reduction in certain foods and alternative options for preservation. Technical Report. Norwich, UK: **Institute of Food Research**, 2005.

TATE & LYLE'S. SODA-LO® salt microspheres. **Product Brochure**, 2014.

TATE, M., W.; BROWN, S. M. Note on the Cochran Q test. **Journal of the American Statistical Association**, v. 65, n. 329, p. 155-160, 1970.

TAYLOR, A. J.; SIVASUNDARAM, L.; MOREAU, L.; CHANNELL, G.A.; HILL, S.E. Effect of physical properties of food matrices on the Maillard reaction. In: Mottram, D.S., Taylor, A.J (Eds.), *Controlling Maillard Pathways to Generate Flavors*. **American Chemical Society**, Washington, DC, p. 2010.

THENO, D.M.; SIEGEL, D.G.; SCHMIDT, G.R. Meat massaging: effects of salt and phosphate on the microstructure of binding junctions in sectioned and formed hams. **J. Food Sci.** n. 43, p. 493–498, 1978.

TORDOFF, M.G., Some basic psychophysics of calcium salt solutions. **Chem. Senses**, n. 21, p. 417–424, 1996.

VALENTIN, D.; CHOLLET, S.; LELIÈVRE, M.; ABDI, H. Quick and dirty but still pretty good: A review of new descriptive methods in food science. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 47, n. 8, p. 1563-1578, 2012.

VAN DER KLAUW, N.J.; SMITH, D.V. Taste quality profiles for fifteen organic and inorganic salts. **Physiol. Behav.** n. 58 (2), p. 295–306, 1995.

VANDENBEUCH, A.; CLAPP, T.R.; KINNAMON, S.C. Amiloride-sensitive channels in type I fungiform taste cells in mouse. **Neuroscience**. n. 9 (1), 2008.

VARELA, P., ARES, G., Sensory profiling, the blurred line between sensory and consumer science. A review of novel methods for product characterization. **Food Research International**, v. 48, n. 2, p. 893-908, 2012.

VARELA, P.; ARES, G., Sensory profiling, the blurred line between sensory and consumer science. A review of novel methods for product characterization. **Food Research International**, v. 48, n. 2, p. 893-908, 2012.

VARNAM, A.H.; SUTHERLAND, J.P. Meat and Meat Products: Technology, Chemistry and Microbiology. **Chapman and Hall**, London, p. 167–210, 1995.

VASILOPOULOS, C.; DE VUYST, L.; LEROY, F. Shelf-life reduction as an emerging problem in cooked hams underlines the need for improved preservation strategies. **Crit. Rev. Food Sci. Nutr.** n. 55 (10), p. 1425–1443, 2015.

WALLIS, K.; CHAPMAN, S.; CAMPDEN, B. R. I. Current innovations in reducing salt in food products. **Food and Health Innovation Service**, p. 1-19, 2012.

WILSON, R.; KOMITOPOULOU, E.; INCLES, M. Evaluation of technological approaches to salt reduction. **Food and Drink Federation (FDF) & British Retail Consortium (BRC)**. UK: Leatherhead Food Research, 2012.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). Global Action Plan for the Prevention and Control of Noncommunicable Diseases 2013 – 2020. WHO, 2013.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). Guideline: Sodium Intake for Adults and Children. Geneva: WHO, 2012.

YASUO, T., KUSUHARA, Y., YASUMATSU, K., NINOMIYA, Y. Multiple receptor systems for glutamate detection in the taste organ. **Biol. Pharm. Bull.** n. 31 (10), p. 1833–1837, 2008.

ZANDSTRA, E. H., DE GRAAF, C., & VAN TRIJP, H. C. Effects of variety and repeated in-home consumption on product acceptance. **Appetite**, n. 35, p. 113-119, 2000.

## APÊNDICES

### APÊNDICE A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)



UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO  
Engenharia de Alimentos

Você está sendo convidado (a) participar da pesquisa sobre “Redução de sódio em salgadinhos extrusados e aceitação sensorial” de responsabilidade do pesquisador Caroline Vicenzi Tiepo.

O motivo que leva a estudar a redução de sódio em snacks extrusados é o fato de que o alto teor de sódio presente na alimentação humana (cerca de duas vezes superior a recomendação da Organização Mundial da Saúde) está associado a crescente incidência de doenças crônicas não transmissíveis como hipertensão arterial e doenças cardiovasculares.

Esta pesquisa justifica-se também pois os alimentos processados como os snacks extrusados (salgadinhos) representam porcentagem significativa de ingestão diária na dieta do consumidor brasileiro. Além disso, a redução de sódio é vista como uma das possibilidades de resgatar hábitos mais saudáveis. Para a produção dos salgadinhos, utiliza-se a técnica de extrusão a alta pressão e alta temperatura. Objetiva-se com a pesquisa oferecer à indústria uma metodologia para redução de sódio em salgadinhos, de forma que não modifique a aceitabilidade do consumidor, contribuindo para uma educação de paladar. Para isso, o trabalho divide-se em etapas que envolvem a estimativa dos limiares de percepção para o sabor salgado em salgadinho, a avaliação da aceitação sensorial quinzenal das formulações desenvolvidas com relação ao padrão comercial, além de checar atributos que descrevem a formulação através da aplicação do questionário CATA (*Check-all-that-apply*).

A sua participação na pesquisa ocorrerá em um encontro no laboratório de análise sensorial do CEPA – Centro de Pesquisa em Alimentação, na Universidade de Passo Fundo, com duração aproximada de 30 minutos para cada julgador. Os demais encontros serão realizados através da entrega quinzenal das formulações no domicílio de cada consumidor participante da pesquisa.



Você não terá custos para a realização da análise, assim como não receberá pagamento pela sua participação. Os *snacks* desenvolvidos possuem em sua formulação além do sal (cloreto de sódio, *grits* de milho, água, óleo de algodão, aroma de presunto, glutamato monossódico, sendo esta uma formulação industrial já utilizada. Os riscos ao consumidor decorrem da possibilidade de o consumidor possuir hipertensão ou intolerância ou alergia a qualquer um dos ingredientes, nesse caso, você não poderá participar da pesquisa. Os riscos da sua participação são mínimos. Caso você apresente evidência de qualquer tipo de desconforto, o pesquisador se comprometerá em solicitar auxílio e/ou encaminhá-lo para outros profissionais.

Você terá a garantia de receber esclarecimentos sobre qualquer dúvida relacionada à pesquisa e poderá ter acesso aos seus dados em qualquer etapa do estudo. Sua participação não é obrigatória, e, portanto, tem caráter voluntário. Você poderá desistir da pesquisa a qualquer momento, retirando seu consentimento sem qualquer prejuízo. Os dados relacionados à sua identificação não serão divulgados. Os resultados da pesquisa serão divulgados, mas você terá a garantia do sigilo e da confidencialidade dos dados.

Caso você tenha dúvidas sobre o comportamento dos pesquisadores ou sobre as mudanças ocorridas na pesquisa que não constam no TCLE, e caso se considera prejudicado (a) na sua dignidade e autonomia, você pode entrar em contato com o professor responsável pelo projeto, Caroline Balensiefer Vicenzi – (54) 98415-4212), ou sua orientadora na pesquisa, Luciane Maria Colla (54) 98100-5433 ou com o Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos (54-3316-8490), ou também pode consultar o Comitê de Ética em Pesquisa da UPF, pelo telefone (54) 3316-8157, no horário das 8h às 12 h e das 13h30min às 17h30min, de segunda a sexta-feira.

Dessa forma, se você concorda em participar da pesquisa como consta nas explicações e orientações acima, coloque seu nome no local indicado abaixo. Desde já, agradecemos a sua colaboração e solicitamos a sua assinatura de autorização neste termo, que será também assinado pelo pesquisador responsável em duas vias, sendo que uma ficará com você e outra com o pesquisador.

Passo Fundo, 03 de dezembro de 2019.


Nome do (a) participante: \_\_\_\_\_

Assinatura: \_\_\_\_\_

Nome do pesquisador: Caroline Balensiefer Vicenzi

Assinatura: \_\_\_\_\_

## APÊNDICE B – FORMULÁRIO DE COLETA DE DADOS SOCIODEMOGRÁFICOS



### Coleta de dados sociodemográficos

Olá! Bem-vindo(a)!  
Desde já, agradeço a sua participação nesta pesquisa!  
Os nomes dos participantes não serão divulgados.  
Quaisquer dúvidas, estou a disposição! :D

**\*Obrigatório**

Nome completo: \*

Sua resposta \_\_\_\_\_

Endereço de e-mail: \*

Sua resposta \_\_\_\_\_

Idade: \*

Sua resposta \_\_\_\_\_

Endereço residencial/comercial completo seguindo a ordem => Rua, Número, Bairro, CEP e ponto de referência mais próximo: \*

Sua resposta \_\_\_\_\_

Telefone: \*

Sua resposta \_\_\_\_\_

Gênero: \*

Feminino

Masculino

Prefiro não me identificar

Atualmente, você é fumante? \*

Sim

Não

**Formação \***

- Ensino médio incompleto
- Ensino médio completo
- Graduação incompleta
- Graduação completa
- Pós-graduação incompleta
- Pós-graduação completa

**Indique a renda familiar de sua família: \***

- 1 a 3 salários mínimos (aproximadamente R\$ 998,00 até R\$2994,00 )
- 3 a 5 salários mínimos (a partir de R\$ 2994,00 até R\$ 4990,00)
- Mais de 5 salários mínimos (a partir de R\$4990,00)

**Quantas pessoas moram na sua casa (incluindo você)? \***

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5 ou mais

**Quantas crianças menores que 10 anos moram na sua casa? \***

- Nenhuma
- 1
- 2
- 3
- 4 ou mais

Qual a sua frequência de consumo de salgadinhos de milho extrusados? (Tipo cheetos, fandangos) \*

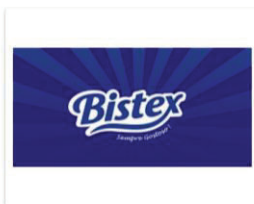


- Uma vez ao mês ou menos
- A cada 15 dias.
- Uma vez na semana.
- Duas vezes ou mais na semana.
- Não consumo nenhum tipo de salgadinho

Qual a principal marca de salgadinhos que você consome? \*



Yokitos



Bistex



Temabi / ED+



Cheetos, Fandangos (Pepsico)

Como o sal é usado na preparação de alimentos em sua casa? \*

- Antes do cozimento dos alimentos
- Durante o cozimento dos alimentos
- Após o cozimento dos alimentos
- Não é utilizado sal ao preparar os alimentos na minha casa

Como dimensiona a quantidade de sal adicionada a comida? \*

- Através de instrumentos de medida (balança, colher medida...)
- Intuição (antes de experimentar a comida)
- Provando/experimentando o alimento

Você costuma adicionar sal aos alimentos preparados em casa depois de experimentá-los? \*

- Nunca
- Às vezes
- Sempre

Você costuma adicionar sal à comida (cozida) quando está comendo em um restaurante? \*

- Nunca
- Às vezes
- Sempre

Você costuma colocar o saleiro sobre a mesa em casa? \*

- Nunca  
 Às vezes  
 Sempre

Você está preocupado com a ingestão de sal? \*

- 1 2 3 4 5  
Pouco preocupado (a)      Muito preocupado (a)

Atualmente, você procura informações sobre o teor de sal dos alimentos que você geralmente come? \*

- Nunca  
 Às vezes  
 Sempre

Você está interessado em consumir alimentos com pouco sal? \*

- 1 2 3 4 5  
Pouco interessado (a)      Muito interessado (a)

Ter uma alimentação saudável é importante para você? \*

- 1 2 3 4 5  
Pouco importante      Muito importante

Pensando em seus hábitos alimentares, quão saudável é sua dieta, em geral? \*

- 1 2 3 4 5  
Nada saudável      Muito saudável

Você conhece algum parente próximo/amigo que possui problemas cardiovasculares (Exemplo: pressão alta) \*

- Sim  
 Não

Você possui hipertensão arterial (pressão alta) \*

- Sim  
 Não

Faz uso de medicamentos para controle diário da hipertensão? \*

- Sim  
 Não

Enviar

**APÊNDICE C – FICHA DE TESTE SENSORIAL COMPARAÇÃO  
PAREADA**

<b>TESTE COMPARAÇÃO PAREADA</b>	
Nome: _____	Data: _____
<p>Produto: Salgadinho de milho</p> <p>Olá! Você está recebendo duas amostras de salgadinho de milho. Por favor, prove as amostras da esquerda para direita. Escreva a codificação recebida em cada par e circule a amostra <b>mais salgada</b>.</p> <p style="text-align: center;">_____</p> <p>Comentários: _____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>	

## APÊNDICE D – FICHA DE TESTE SENSORIAL DE ACEITABILIDADE E CATA

**Nome:** \_\_\_\_\_ **Amostra:** \_\_\_\_\_

Olá! Bem-vindo a análise sensorial! Você está recebendo uma amostra de snack de milho sabor queijo. Por favor, prove a amostra e avalie, preenchendo nos traços seguindo a escala numérica abaixo:

- 9-Gostei muitíssimo
- 8-Gostei muito
- 7-Gostei moderadamente
- 6-Gostei ligeiramente
- 5-Não gostei/nem desgostei
- 4-Desgostei ligeiramente
- 3-Desgostei moderadamente
- 2-Desgostei muito
- 1-Desgostei muitíssimo

O que você achou da aparência: \_\_\_\_\_

O que você achou da textura: \_\_\_\_\_

O que você achou do sabor: \_\_\_\_\_

O que você achou do aspecto global: \_\_\_\_\_

Comentários: \_\_\_\_\_

### Cheque tudo que se aplica ao produto

Você está recebendo uma amostra de salgadinho. Em seguida, marque com um “X” em todas as opções que você considera adequadas para descrever o produto:

<input type="checkbox"/>	Crocante
<input type="checkbox"/>	Emborrachado
<input type="checkbox"/>	Muito salgado
<input type="checkbox"/>	Sabor homogêneo
<input type="checkbox"/>	Cor uniforme
<input type="checkbox"/>	Menor crocância
<input type="checkbox"/>	Pouco salgado

<input type="checkbox"/>	Textura oleosa
<input type="checkbox"/>	Amolecido
<input type="checkbox"/>	Sabor desuniforme
<input type="checkbox"/>	Alta adesividade (gruda no dente)
<input type="checkbox"/>	Cor desuniforme
<input type="checkbox"/>	Textura firme
<input type="checkbox"/>	

## ANEXOS

### Artigo 1 - DEVELOPING OF FUNCTIONAL PASTA ADDED OF MICROSPHERES OF *SPIRULINA*: TECHNOLOGICAL AND SENSORIAL EFFECTS

*Artigo publicado no periódico: Journal of Science Food and Agriculture, v.100, n.5, 2020.*

DOI: <https://doi.org/10.1002/jsfa.10219>

#### Running title: Microencapsulated *Spirulina* addition in pasta

Cindiele Karen Zen<sup>a</sup>, Caroline Balensiefer Vicenzi Tiepo<sup>a</sup>, Christian Oliveira Reinehr<sup>a</sup>, Luiz

Carlos Gutkoski<sup>a</sup>, Tatiana Oro<sup>a</sup>, Luciane Maria Colla<sup>a\*</sup>

<sup>a</sup>Graduation Program in Food Science and Technology, University of Passo Fundo,

BR 285, km 171, CEP 99052-900. Passo Fundo, RS, Brazil.

\*Corresponding author: E-mail: [lmcolla@upf.br](mailto:lmcolla@upf.br)

#### ABSTRACT

**BACKGROUND:** *Spirulina* microalgae have been used for addition to food, however, there are few reports of methods to protect the antioxidant potential against process conditions, and the effect on sensory characteristics of products needs to be better described. The aim was to evaluate the influence in the technological properties, sensory profile and acceptability of pasta added of free or microencapsulated *Spirulina* biomass. Pasta formulations were added of free *Spirulina* (FSP), microencapsulated *Spirulina* (MSP), empty microspheres (EMP), in comparison with the control pasta (CP).

**RESULTS:** The microencapsulation protected the antioxidant potential of *Spirulina* in 37.8% in the conditions of cooking of pasta. The microspheres presented low solubility in water (8.6%) and high encapsulation efficiency (87.6%) being appropriated to addition in products that needs cooking in water. The technological properties of pasta (water absorption, weight gain, firmness and adhesiveness) were affected, but the overall acceptability index (85.13%) were not influenced by the addition of microspheres, despite the changes observed in the sensory profile obtained by CATA (check-all-that-apply).

**CONCLUSION:** The *Spirulina* could be added in pasta even without microencapsulation, but the microencapsulation in alginate allows the protection of antioxidant potential of the biomass, representing a potential alternative for the bakery industry.

**KEYWORDS:** microencapsulation, fresh pasta, ionic gelation, check-all-that-apply.



## **Artigo 2: SENSORY METHODOLOGIES USED IN DESCRIPTIVE STUDIES WITH CONSUMERS: CHECK-ALL-THAT-APPLY (CATA) AND VARIATIONS**

*Artigo publicado no periódico: Research, Society and Development, v. 9, n. 8, | ISSN 2525-3409 | DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i8.5705>*

Caroline Balensiefer Vicenzi Tiepo<sup>a</sup>, Stéfani Werlang<sup>a</sup>, Christian Oliveira Reinehr<sup>a</sup>, Luciane Maria Colla<sup>a\*</sup>

<sup>a</sup>Graduation Program in Food Science and Technology, University of Passo Fundo, BR 285, km 171, CEP 99052-900. Passo Fundo, RS, Brazil.

### **ABSTRACT**

Descriptive sensorial methods allow the identification, description and quantification of sensorial attributes present in a given food. Such methods are used in the development of new products, quality control, changes in formulations and evaluation of the shelf life of the products, by the food industry. As a limitation, these traditional descriptive techniques require trained evaluators, due to the high degree of difficulty / complexity of these evaluations. However, it makes the time-consuming and costly analyzes, due to the exhaustive training sessions, performed to minimize errors during the evaluation. In order to reduce the time of analysis and the costs inherent to traditional descriptive tests, recent research is seeking to develop methodologies that allow the rapid description of foods and that can be applied with consumers. The objective of this work was to address the advances of sensory science in the development of new CATA descriptive methodologies and their variants, as well as their advantages and limitations.

**KEYWORDS:** sensory analysis, consumers, limitations, advantages, questionnaire.

### Artigo 3: TECHNOLOGICAL AND SENSORY EFFECTS OF THE ADDITION OF MICROENCAPSULATED *Spirulina platensis* IN HANDMADE ICE CREAM

Artigo em revisão no periódico: *Food Science and Biotechnology*, submetido em 09 de Fevereiro de 2021.

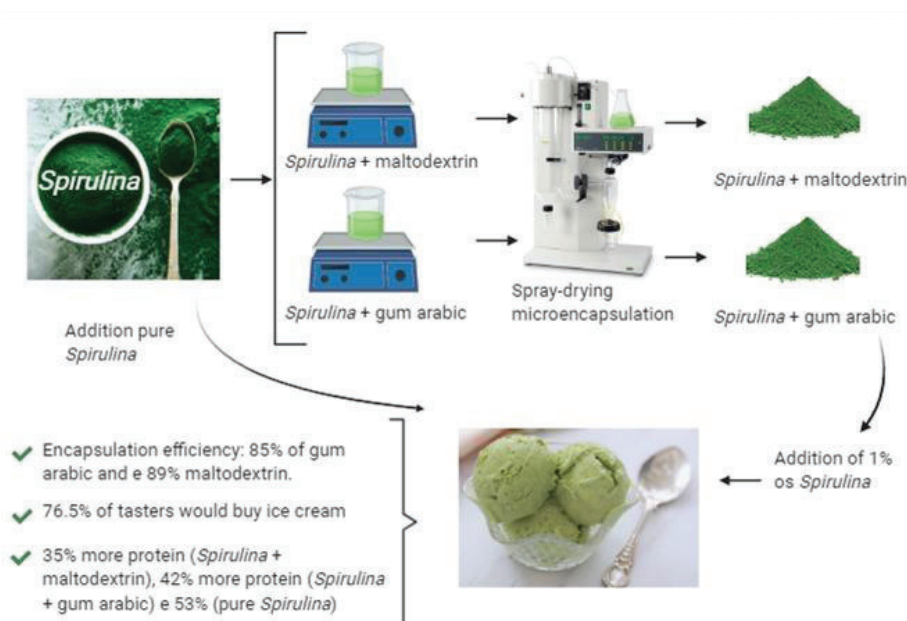
Caroline Balensiefer Vicenzi Tiepo<sup>a</sup>, Franciele Maria Gottardo<sup>a</sup>, Letícia Moreira Mortari<sup>a</sup>, Charise Dallazem Bertol<sup>a</sup>, Luciane Colla<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Graduation Program in Food Science and Technology, University of Passo Fundo, BR 285, km 171, CEP 99052-900. Passo Fundo, RS, Brazil. \*Corresponding author: E-mail: [lmcolla@upf.br](mailto:lmcolla@upf.br), Orcid: 0000-0001-9745-4452.

#### Highlights

- Antioxidant potential of microcapsules and free *Spirulina* were maintained until 30 days under freezing
- Microencapsulation did not influence the sensory acceptability of ice cream added of *Spirulina*
- The addition of *Spirulina* improved the protein content of ice cream

#### Graphical abstract



#### ABSTRACT

*Spirulina* microalgae possess proven benefits to health to be used as nutraceutical or to be added in foods with the aim of make functional foods. It presents antioxidants that needs to be protected during the food processes, what can be done using microencapsulation techniques.

Besides, the encapsulation could prevent the rejection of the food added of *Spirulina* due to the seaweed flavor. The aim of this study was to accomplish the microencapsulation of *Spirulina* in maltodextrin and Arabic gum and evaluate the protection of the antioxidant potential of microcapsules and its influence in the physicochemical and sensorial profile of handmade ice cream. The microencapsulation allows protection of the antioxidant potential only at freezing temperatures. The ice cream with *Spirulina* presented 35% to 53% more proteins in relation to the standard formulation. All ice creams showed an acceptability index superior than 70%. The encapsulation was able to mask the taste of seaweed and seaweed aroma; however, this fact does not lead to a greater acceptability of the ice creams. The addition of *Spirulina* in ice cream can be performed without microencapsulation with gain in the protein content and without prejudice to the antioxidant potential and the acceptability.

**Keywords:** Antioxidant potential; functional foods; CATA; sensory properties; thermo-stability.

**Artigo 4: TECHNOLOGICAL APPLICATION OF ADDED NATURAL FERMENTATION OF KOMBUCHA IN BREADS AS AN EXPERIMENTAL MODEL**

*Artigo publicado no periódico: Brazilian Journal of Development, v. 6, n. 4, 2020. | ISSN 2525-8761 | DOI:10.34117/bjdv6n4-142*

**Thanise Antunes Dias<sup>1</sup>, Caroline Balensiefer Vicenzi<sup>1</sup>, Stéfani Werlang<sup>1</sup>, Viviane Vaz Oleiro Durante<sup>1</sup>, Ana Paula Alves da Silva<sup>1</sup>, Bárbara Biduski<sup>1</sup>, Luís Carlos Gutkoski<sup>1</sup>, Telma Elita Bertolin<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Programa de Pós Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos pela Universidade de Passo Fundo, Brasil

Instituição: Universidade de Passo Fundo

Endereço: BR 285 - São José, Passo Fundo-RS, Brasil

E-mail: thanise066@hotmail.com

**ABSTRACT**

With the growing demand for natural products with health benefits, the need for innovations and development in bakery products is highlighted. Bread produced by a type of fermentation, called sourdough, offers benefits, since this fermentation is known to have a more significant impact on increasing the availability of phytochemicals. Natural sourdough fermentation is quite feasible for producing bread with higher nutritional quality. In addition, sourdough helps in the digestion and bioavailability of some nutrients. In this study, the breads produced through three mixtures of sourdough (control, sourdough + 2% kombucha and sourdough + 8% kombucha) were analyzed, in addition to the standard fermentation. For sourdough production, analytical determinations of specific volume, color, water activity, texture profile and reofermentometer test were performed. Texture parameters (firmness and elasticity) and the specific volume of the four formulations developed were evaluated. Checking the results of the analyzes carried out, it can be said that the breads of the four mixtures with standardized formulations with sourdough and kombucha, obtained good results.

**Keywords:** water activity, texture profile, reofermentometer, sourdough.